

## BEST AVAILABLE COPY

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-241666  
 (43)Date of publication of application : 26.08.2004

(51)Int.Cl. H01L 21/027  
 G01B 11/00  
 G03F 7/20

(21)Application number : 2003-030256  
 (22)Date of filing : 07.02.2003

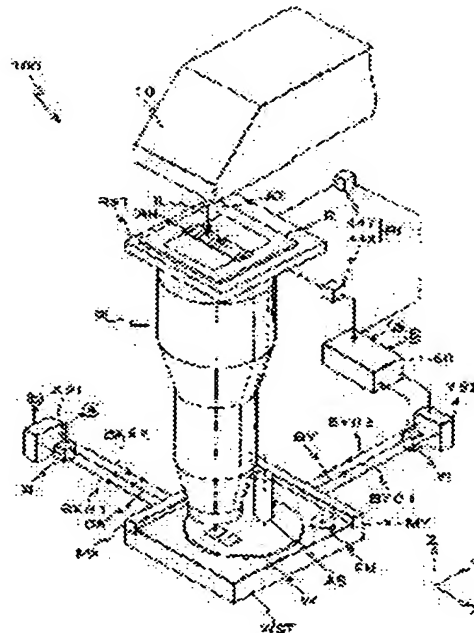
(71)Applicant : NIKON CORP  
 (72)Inventor : KAMIYA SABURO  
 KONDO MIYUKI  
 KANAZUMI YUTAKA  
 TANAKA MASAJI

## (54) MEASURING METHOD AND EXPOSURE METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To measure the surface shape of a reflection surface highly accurately in a short period of time.

SOLUTION: The amount of local rotation of the reflection surface and the amount of rotation of a stage WST are simultaneously measured while the stage WST moves axially substantially in parallel to the reflection surfaces of moving mirrors MX, MY in a two dimensional plane, and the configuration of the reflection surface is calculated using only both of the amount of the local rotation of the reflection surface measured when the stage moves substantially at a constant speed and of the amount of rotation of the stage corresponding to the foregoing amount of the local rotation. Consequently, the configuration of the reflection surface can be accurately measured without being influenced by deformation of the reflection surface caused by acceleration and deceleration of the stage. Further, unlike the case where the stage is positioned, and for every positioning the amount of the local rotation of the reflection surface and the amount of the rotation of the stage are measured, since the positioning of the stage and times of the acceleration and deceleration before and after the positioning become unnecessary during the time till the end of the simultaneous measurement since the starting of the same, shortening of the measurement time becomes possible as a result.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

It is the measurement approach which measures the shape of surface type of at least one reflector in which the inside of a two-dimensional side was established by the movable mobile, Process which measures the local rotation of said reflector, and the rotation of said mobile to coincidence while moving said mobile to predetermined shaft orientations almost parallel to said reflector in said two-dimensional side;

The measurement approach which contains the process which computes the configuration of said reflector, and; only using the rotation of the mobile corresponding to the local rotation and this local of said reflector measured while said mobile was moving at uniform velocity mostly.

[Claim 2]

Said process to measure,

The 1st measurement process which measures the local rotation of said reflector, and the rotation of said mobile to coincidence while moving said mobile to the side else from the 1 side of said predetermined shaft orientations;

While moving said mobile to the 1 side from the side besides said predetermined shaft orientations, the 2nd measurement process and; which measure the local rotation of said reflector and the rotation of said mobile to coincidence are included,

The measurement approach according to claim 1 characterized by computing the configuration of said reflector at said process to compute based on the partial 1st inclination data of said reflector acquired from the measurement result of said 1st measurement process, and the partial 2nd inclination data of said reflector acquired from the measurement result of said 2nd measurement process corresponding to these 1st inclination data.

[Claim 3]

It is the measurement approach which measures the configuration of at least one reflector in which the inside of a two-dimensional side was established by the movable mobile.

The 1st measurement process which measures the local rotation of said reflector, and the rotation of said mobile to coincidence while moving said mobile to the side else in said two-dimensional side from the 1 side of predetermined shaft orientations almost parallel to said reflector;

The 2nd measurement process which measures the local rotation of said reflector, and the rotation of said mobile to coincidence while moving said mobile to the 1 side from the side besides said predetermined shaft orientations;

The measurement approach containing the process which computes the configuration of said reflector based on the partial 1st inclination data of said reflector acquired from the measurement result of said 1st measurement process, and the partial 2nd inclination data of said reflector acquired from the measurement result of said 2nd measurement process corresponding to these 1st inclination data, and;

[Claim 4]

The local rotation of said reflector is the measurement approach given in any 1 term of claims 1-3 characterized by being measured by the light wave interferometer.

[Claim 5]

It is the measurement approach which measures the configuration of at least one reflector in which

the inside of a two-dimensional side was established by the movable mobile,  
It is the process at which a multiple-times line collects data with the rotation of said mobile corresponding to said local rotation and this local almost covering an overall length of said predetermined shaft orientations of said reflector for the process which measures some local rotations of said reflector, and the rotation of said mobile to coincidence while moving said mobile to predetermined shaft orientations almost parallel to said reflector in said two-dimensional side.;  
The measurement approach which contains the process which computes the configuration of said reflector, and; based on the data collected at said process to collect.

[Claim 6]

The measurement approach according to claim 5 characterized by including further the process which updates the configuration data of said reflector whenever it repeats said process to collect and the process to compute and the configuration of said reflector is computed at said process to compute.

[Claim 7]

While moving said mobile to the side else from the 1 side of said predetermined shaft orientations, said process to collect The 1st collection process which collects data with the rotation of said mobile corresponding to said local rotation and this local almost covering an overall length of said predetermined shaft orientations of said reflector, While moving said mobile to the 1 side from the side besides said predetermined shaft orientations, the 2nd collection process which collects data with the rotation of said mobile corresponding to said local rotation and this local almost covering an overall length of said predetermined shaft orientations of said reflector is included,  
The measurement approach according to claim 5 or 6 characterized by to compute the configuration of said reflector based on the partial 1st inclination data of said reflector acquired from the data collected at said 1st collection process at said process to compute, and the partial 2nd inclination data of said reflector acquired from the data collected at said 2nd collection process corresponding to these 1st inclination data.

[Claim 8]

The local rotation of said reflector is the measurement approach given in any 1 term of claims 5-7 characterized by being measured by the light wave interferometer.

[Claim 9]

Process which measures the configuration of said reflector using the measurement approach of a publication in any 1 term of claims 1-4;

The exposure approach containing the process which imprints a pattern to the sensitization body which moved said mobile based on the configuration of said measured reflector, and the measurement result of the location metering device which measures the location of said mobile using said reflector, and was laid on said mobile, and;.

[Claim 10]

At said process to measure, it is the exposure approach according to claim 9 that a multiple-times line is characterized by obtaining data with the rotation of said mobile corresponding to said local rotation and this local almost covering an overall length of said predetermined shaft orientations of said reflector for the coincidence measurement of some local rotations of said reflector, and the rotation of said mobile.

[Claim 11]

Process which measures the configuration of said reflector using the measurement approach of a publication in any 1 term of claims 5-8;

The exposure approach containing the process which imprints a pattern to the sensitization body which moved said mobile based on the configuration of said measured reflector, and the measurement result of the location metering device which measures the location of said mobile using said reflector, and was laid on said mobile, and;.

[Claim 12]

Process which measures the configuration of said reflector by the measurement approach of a publication in any 1 term of claims 5-8;

Process which judges whether change of the configuration of said reflector is over the specified quantity;

Process which emits warning when change of the configuration of said reflector is over the specified

quantity;

Process which stands by until the maintenance according to said warning is performed;

The exposure approach containing the process which imprints a pattern to the sensitization body which moved said mobile after said maintenance termination, and was laid on this mobile, and;.

[Claim 13]

At least the part of said processes to measure is the exposure approach given in any 1 term of claims 9-12 characterized by being carried out in the case of exchange of the sensitization body laid on said mobile.

[Claim 14]

At least the part of said processes to measure is the exposure approach given in any 1 term of claims 9-13 characterized by being carried out at every exchange of the sensitization body of every predetermined number of sheets.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to the measurement approach and the exposure approach, and relates to the measurement approach which measures in more detail the shape of surface type of at least one reflector in which the inside of a two-dimensional side was established by the movable mobile, and the exposure approach using this measurement approach.

[0002]

[Description of the Prior Art]

Conventionally at the lithography process for manufacturing a semiconductor device, a liquid crystal display component, etc. Sensitization bodies, such as a wafer with which the pattern formed in the mask or the reticle (it is named a "reticle" generically below) was applied to the resist etc. through projection optics, or a glass plate The contraction projection aligner (the so-called stepper) of the step-and-repeat method imprinted upwards, (It is hereafter named a "wafer" generically) The scanning projection aligner (the so-called scanning stepper) of step - which added amelioration to this stepper, and - scanning method etc. is mainly used.

[0003]

In this kind of aligner, the light wave interferometer (laser interferometer) which made the light source frequency stabilization laser of helium-Ne which holds a wafer and carries out continuous oscillation of the inside of a two-dimensional side to movable location measurement of a wafer stage on the wavelength of 633nm is used.

[0004]

On the property, since a laser interferometer can perform only measurement of a single dimension, when performing two-dimensional coordinate measurement, for example, measurement of XY coordinate, it needs to prepare two laser interferometers. And a length measurement beam is perpendicularly irradiated from two laser interferometers to each of two reflectors which were established in the wafer stage and which intersect perpendicularly mutually, and the two-dimensional coordinate location of a wafer stage is called for by measuring change of the distance from the origin/datum of the direction of the length measurement beam of each reflector.

[0005]

Usually, it is used for X shaft orientations fixed to the wafer stage, and Y shaft orientations as a reflector of the above [ the reflector of the plane mirror (called a migration mirror) prolonged, respectively ]. These plane mirrors need die length for X shaft orientations and Y shaft orientations corresponding to the need migration stroke of a wafer stage, and very high flatness is required from it being what is used for location measurement of a wafer stage.

[0006]

However, in order to secure the display flatness of the reflector of the above-mentioned plane mirror good, surface treatment with a high precision (mirror plane processing) is indispensable, and manufacture cost was very high. Moreover, even if it manufactured the plane mirror with good display flatness, when this was fixed to a wafer stage, distortion might occur, and distortion might occur by aging after immobilization. Furthermore, when superposition precision, alignment precision, etc. which it becomes impossible to disregard the irregularity of the shape of surface type

of the reflector of extent which did not become a problem conventionally, and are required of an aligner in recent years were taken into consideration as the exposure precision required of an aligner became high, it was very difficult to manufacture the plane mirror which has the display flatness of the level with which are satisfied of the precision prescribe.

[0007]

Then, the configuration of the reflector of a plane mirror was measured and the applicant proposed previously the approach of measuring the local inclination of a migration mirror, integrating it, and searching for the configuration of the reflector of a migration mirror with 4 shaft interferometer, from a viewpoint of amending the measurement error of the laser interferometer which originates in the reflector configuration of a plane mirror using the measurement result (for example, patent reference 1 reference).

[0008]

[Patent reference 1]

The patent No. 3295846 official report

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

however, by the approach of a publication, in the above-mentioned patent reference 1 The migration to each measurement point sake since the measurement approach of obtaining the data for carrying out step migration of the wafer stage at intervals of predetermined in an one direction, and computing the shape of surface type of a reflector in every migration location (measurement point) was adopted, Although the acceleration time and the deceleration time needed to be taken, respectively at the time of the step migration before and behind that, the result to which this lengthens measurement time amount was caused, and it became clear after that that it was not what can not necessarily be satisfied. Moreover, in order to control a measurement error, it became clear that it was also necessary to wait until positioning sets on each measurement point. For such a reason, measurement of the shape of surface type of a migration mirror had become the factor which reduces a throughput. Moreover, it also became clear that a measurement error became fairly large [ near the end section of a migration mirror ].

[0010]

Furthermore, like \*\*\*\*, during the usual exposure processing actuation, the shape measurement of a migration mirror could not be performed, but exposure processing actuation needed to be suspended periodically, and the measurement actuation needed to be performed from the measurement taking a long time. Also in this point, it had become the factor which reduces the throughput of an aligner.

[0011]

This invention was made under this situation and the 1st purpose is in offering the measurement approach which can raise the measurement capacity of the shape of surface type of the reflector established in the mobile.

[0012]

The 2nd purpose of this invention is to offer the measurement approach which can perform measurement of the shape of surface type of the reflector established in the mobile, without reducing the throughput of other actuation of a mobile.

[0013]

Moreover, the 3rd purpose of this invention is to offer the exposure approach which can raise the productivity of the device which is a final product.

[0014]

[Means for Solving the Problem]

Invention according to claim 1 is the measurement approach which measures the shape of surface type of at least one reflector in which the inside of a two-dimensional side was established by the movable mobile (WST). The process which measures the local rotation of said reflector, and the rotation of said mobile to coincidence while moving said mobile to predetermined shaft orientations almost parallel to said reflector in said two-dimensional side; When said mobile is moving at uniform velocity mostly It is the measurement approach which contains the process which computes the configuration of said reflector, and; only using the rotation of the mobile corresponding to the local rotation and this local of said reflector boiled and measured.

[0015]

According to this, while moving the mobile to predetermined shaft orientations almost parallel to a reflector in a two-dimensional side, the local rotation of said reflector and the rotation of a mobile are measured to coincidence. Since the configuration of said reflector is computed only using the rotation of the mobile corresponding to the local rotation and this local of the reflector measured while the mobile was moving at uniform velocity mostly It becomes possible to be accurate and to measure the shape of surface type of a reflector, without being influenced of deformation of the reflector resulting from the acceleration and deceleration of a mobile. Moreover, since positioning of a mobile and the acceleration-and-deceleration time amount in the positioning order become unnecessary from initiation of the aforementioned coincidence measurement before termination at the above-mentioned patent reference 1 which positions a mobile at intervals of predetermined and measures the local rotation of a reflector, and the rotation of a mobile at every positioning unlike the approach of a publication, compaction of measurement time amount is attained as a result.

Therefore, according to this invention, it can become possible to perform measurement of the shape of surface type of the reflector established in the mobile with high precision [ are a short time and ], and the measurement capacity of the shape of surface type of a reflector can be raised in respect of being time. Moreover, since the above-mentioned acceleration-and-deceleration time amount is unnecessary, it becomes possible to perform frequently coincidence measurement of a rotation and the rotation of a mobile with said local reflector in the above-mentioned patent reference 1 compared with invention of a publication etc., and becomes collectable [ finer data ], and it also becomes possible to raise measurement precision in this point.

[0016]

In this case, said process to measure From the 1 side of said predetermined shaft orientations, to the side else said mobile The 1st measurement process which measures the local rotation of said reflector, and the rotation of said mobile to coincidence while moving; The 2nd measurement process and; which measure the local rotation of said reflector and the rotation of said mobile to coincidence while moving said mobile to the 1 side from the side besides said predetermined shaft orientations are included. The partial 1st inclination data of said reflector acquired from the measurement result of said 1st measurement process at said process to compute, Suppose that the configuration of said (based on the average of for example, the 1st and 2nd inclination data etc.) reflector is computed based on the partial 2nd inclination data of said reflector acquired from the measurement result of said 2nd measurement process corresponding to these 1st inclination data.

[0017]

Invention according to claim 3 is the measurement approach which measures the configuration of at least one reflector in which the inside of a two-dimensional side was established by the movable mobile (WST). From a side besides said predetermined shaft orientations, to 1 side The 1st measurement process which measures the local rotation of said reflector, and the rotation of said mobile to coincidence while moving said mobile to the side else in said two-dimensional side from the 1 side of predetermined shaft orientations almost parallel to said reflector; said mobile The 2nd measurement process which measures the local rotation of said reflector, and the rotation of said mobile to coincidence while moving; The partial 1st inclination data of said reflector acquired from the measurement result of said 1st measurement process, It is the measurement approach containing the process which computes the configuration of said (based on the average of for example, the 1st and 2nd inclination data etc.) reflector based on these 1st inclination data and the partial 2nd inclination data of said reflector acquired from the measurement result of said corresponding 2nd measurement process, and;

[0018]

According to this, while moving the mobile to the side else in a two-dimensional side from the 1 side of predetermined shaft orientations almost parallel to said reflector, the local rotation of a reflector and the rotation of a mobile are measured to coincidence (the 1st measurement process), and while moving said mobile to the 1 side from the side besides predetermined shaft orientations, the local rotation of said reflector and the rotation of said mobile are measured to coincidence (the 2nd measurement process). And based on the partial 1st inclination data of the reflector acquired from the measurement result of the 1st measurement process, and the partial 2nd inclination data of the

reflector acquired from the measurement result of the 2nd measurement process corresponding to these 1st inclination data, the configuration of a reflector (based on the average of for example, the 1st and 2nd inclination data etc.) is computed. Although the technique of integrating the inclination of the reflector drawn from the local rotation of a reflector and the rotation of a mobile also in any of the 1st measurement process and the 2nd measurement process here, and drawing the shape of surface type of a reflector is employable Since the error (the error on measurement and the error on count are included) included in an inclination at the addition and coincidence of an inclination is also integrated when this technique is adopted, When [ which inclines and integrates only using data ] it is obtained while moving the mobile to the side else from the 1 side of predetermined shaft orientations, as the edge by the side of the point of the reflector where addition (count of an operation) increases ending [ measurement ] is approached, the error included in the shape of surface type becomes larger.

[0019]

On the other hand, the partial 1st inclination data of the reflector acquired from the measurement result of the 1st measurement process like this invention, In computing the configuration of a reflector based on these 1st inclination data and the partial 2nd inclination data of the reflector acquired from the measurement result of the corresponding 2nd measurement process The effect of with error can be eased as a result by which the error accompanying the above-mentioned addition is equalized as a whole, it can become possible to compute the shape of surface type of a highly precise reflector, and the measurement capacity of the shape of surface type of a reflector can be raised in respect of precision.

[0020]

Although the local rotation of a reflector can be measured using various devices in each measurement approach given in above-mentioned claims 1-3, suppose that the local rotation of said reflector is measured by the light wave interferometer (XI, XthetaI, YI, YthetaI) like the measurement approach according to claim 4.

[0021]

Invention according to claim 5 is the measurement approach which measures the configuration of at least one reflector in which the inside of a two-dimensional side was established by the movable mobile (WST). While moving said mobile to predetermined shaft orientations almost parallel to said reflector in said two-dimensional side The process which measures some local rotations of said reflector, and the rotation of said mobile to coincidence The process at which a multiple-times line collects data with the rotation of said mobile corresponding to said local rotation and this local almost covering an overall length of said predetermined shaft orientations of said reflector; it is the measurement approach which contains the process which computes the configuration of said reflector, and; based on the data collected at said process to collect.

[0022]

According to this, while moving a mobile to predetermined shaft orientations almost parallel to a reflector in a two-dimensional side, some local rotations of a reflector and the rotation of a mobile are measured to coincidence, and data with the rotation of the mobile corresponding to the local rotation and this local almost covering an overall length of the predetermined shaft orientations of a reflector are collected by performing this two or more times. And the configuration of a reflector is computed based on the collected data. By doing in this way, since data are collected by performing continuously or discretely measuring some local rotations of a reflector, and the rotation of a mobile to coincidence while moving a mobile to predetermined shaft orientations parallel to a reflector, time amount for measurement of data can be performed in the intervals of other actuation in parallel to other actuation, and advance of other actuation is not barred. Therefore, it becomes possible to perform measurement of the shape of surface type of the reflector which the throughput of other actuation was not reduced and was established in the mobile.

[0023]

In this case, suppose that the process which updates the configuration data of said reflector whenever it repeats said process to collect and the process to compute and the configuration of said reflector is computed like the measurement approach according to claim 6 at said process to compute is included further.



[0024]

In each measurement approach given in above-mentioned claims 5 and 6 like the measurement approach according to claim 7 said process to collect The 1st collection process which collects data with the rotation of said mobile corresponding to said local rotation and this local almost covering an overall length of said predetermined shaft orientations of said reflector while moving said mobile to the side else from the 1 side of said predetermined shaft orientations, While moving said mobile to the 1 side from the side besides said predetermined shaft orientations, the 2nd collection process which collects data with the rotation of said mobile corresponding to said local rotation and this local almost covering an overall length of said predetermined shaft orientations of said reflector is included. The partial 1st inclination data of said reflector acquired from the data collected at said 1st collection process at said process to compute, Suppose that the configuration of said (based on the average of for example, the 1st and 2nd inclination data etc.) reflector is computed based on these 1st inclination data and the partial 2nd inclination data of said reflector acquired from the data collected at said corresponding 2nd collection process.

[0025]

Suppose that the local rotation of said reflector is measured by the light wave interferometer (XI, XthetaI, YI, YthetaI) like the measurement approach according to claim 8 in each measurement approach given in above-mentioned claims 5-7.

[0026]

The process to which invention according to claim 9 measures the configuration of said reflector using the measurement approach of a publication in any 1 term of claims 1-4; The configuration of said measured reflector, It is the exposure approach containing the process which imprints a pattern to the sensitization body (WST) which moved said mobile based on the measurement result of the location metering device (XI, XthetaI, YI, YthetaI) which measures the location of said mobile using said reflector, and was laid on said mobile, and;

[0027]

According to this, measurement of the configuration of the highly precise reflector of a publication is carried out to any 1 term of claims 1-4, a mobile is moved based on the configuration of the measured reflector, and the measurement result of the location metering device which measures the location of a mobile using a reflector, and a pattern is imprinted to the sensitization body laid on the mobile. Therefore, by carrying out amendment etc. according to the shape of surface type of the reflector which had the measurement result of a location metering device measured, the same precision as the case where an ideal reflector is used is acquired, and position control with the highly precise mobile at the time (when it is the imprint of a pattern) of being exposure is realized. This is enabled to imprint a pattern with a good superposition precision, and it becomes possible to raise the productivity of the device which is a final product.

[0028]

In this case, at said process to measure, a multiple-times line can be supposed that data with the rotation of said mobile corresponding to said local rotation and this local almost covering an overall length of said predetermined shaft orientations of said reflector for the coincidence measurement of some local rotations of said reflector and the rotation of said mobile are obtained like the exposure approach according to claim 10.

[0029]

The process to which invention according to claim 11 measures the configuration of said reflector using the measurement approach of a publication in any 1 term of claims 5-8; The configuration of said measured reflector, It is the exposure approach containing the process which imprints a pattern to the sensitization body which moved said mobile based on the measurement result of the location metering device which measures the location of said mobile using said reflector, and was laid on said mobile, and;

[0030]

According to this, measurement of the configuration of the highly precise reflector of a publication is carried out to any 1 term of claims 5-8, a mobile is moved based on the configuration of the measured reflector, and the measurement result of the location metering device which measures the location of a mobile using a reflector, and a pattern is imprinted to the sensitization body laid on the

mobile. Therefore, when amendment etc. carries out the measurement result of a location metering device according to the shape of surface type of said measured reflector, the same precision as the case where an ideal reflector is used is acquired, and position control with a highly precise mobile is realized. It enables this to imprint a highly precise pattern with a high superposition precision. Moreover, it can perform, without reducing the throughput of other actuation of a mobile, for example, actuation [ in / for measurement of the configuration of the above-mentioned reflector / exposure down stream processing ], in this case. Therefore, it becomes possible to raise the productivity of the device which is a final product.

[0031]

Invention according to claim 12 by the measurement approach of a publication in any 1 term of claims 5-8 The process which judges whether change of the configurations of the process which measures the configuration of said reflector, and the; aforementioned reflector is over the specified quantity; when change of the configuration of said reflector is over the specified quantity The process which stands by until the maintenance according to the process and the; aforementioned warning which emit warning is performed; it is the exposure approach containing the process which imprints a pattern to the sensitization body which moved said mobile after said maintenance termination, and was laid on this mobile, and;

[0032]

According to this, while measuring the configuration of a reflector by the measurement approach of a publication in any 1 term of claims 5-8, it judges whether change of the configuration of a reflector is over the specified quantity. And when it is over said specified quantity, it stands by until it emits warning and a maintenance is performed. Then, in the phase which the maintenance ended, a mobile is moved and a pattern is imprinted to the sensitization body laid on this mobile. For this reason, it becomes possible to imprint a pattern with a sufficient precision on a sensitization body. Moreover, it can perform, without reducing the throughput of other actuation of a mobile, for example, actuation [ in / for measurement of the configuration of the above-mentioned reflector / exposure down stream processing ], in this case. Therefore, since the imprint of a highly precise pattern can be performed maintaining the throughput of an aligner, it is possible to improve the productivity of the device which is a final product.

[0033]

Although said process to measure can be performed to above-mentioned claims 9-13 to various timing in each exposure approach of a publication, suppose that some (for example, measurement of data etc.) or all of said processes to measure is carried out in the case of exchange of the sensitization body laid on said mobile like the exposure approach according to claim 14.

[0034]

In each exposure approach given in above-mentioned claims 9-14, it can be supposed like the exposure approach according to claim 15 that at least the part of said processes to measure is carried out at every exchange of the sensitization body of every predetermined number of sheets.

[0035]

[Embodiment of the Invention]

<< -- operation gestalt [ of \*\* a 1st ]>>

Hereafter, the 1st operation gestalt of this invention is explained based on drawing 1 - drawing 4 (B).

[0036]

The outline configuration of the aligner 100 concerning the 1st operation gestalt is shown to drawing 1 by the perspective view. This aligner 100 is a projection aligner (the so-called scanning stepper) of step - and - scanning method. This aligner 100 is equipped with the wafer stages WST as a mobile in which the wafer W as the reticle stage RST holding an illumination system 10 and the reticle R as a mask, projection optics PL, and a sensitization body is carried, these control systems, etc.

[0037]

Although only the part is illustrated, said illumination system 10 irradiates the illumination light IL to the lighting field IAR of the shape of the rectangle specified in fact including the light source and an illumination-light study system by the field diaphragm (called a masking blade or a reticle blind) arranged to the interior, or radii, and illuminates the reticle R in which the circuit pattern was formed

with a uniform illuminance at drawing 1 . The illumination system 10 and the same illumination system are indicated by JP,6-349701,A etc. Here, as illumination light IL, vacuum-ultraviolet light, such as far-ultraviolet light, such as KrF excimer laser light (wavelength of 248nm), ArF excimer laser light (wavelength of 193nm), or F2 laser beam (wavelength of 157nm), etc. is used. As illumination light IL, it is also possible to use the bright lines (g line, i line, etc.) of the ultraviolet area from an extra-high pressure mercury lamp.

[0038]

Reticle R is being fixed by for example, vacuum adsorption or electrostatic adsorption on said reticle stage RST. By the reticle stage mechanical component which is not illustrated containing a linear motor, a voice coil motor, etc., a reticle stage RST can be driven with the scan speed specified as the predetermined scanning direction (here, it considers as Y shaft orientations) while it is possible (rotation (thetaz rotation) of the circumference of the Z-axis is included) in a very small drive in XY flat surface perpendicular to the optical axis (it is in agreement with the optical axis AX of the projection optics PL mentioned later) of an illumination system 10.

[0039]

The location within XY side of a reticle stage RST (thetaz rotation is included) is always detected with the resolution of about 0.5-1nm by X-axis reticle laser interferometer 44X and Y-axis laser interferometer 44Y which irradiates a laser beam in the reflector (or fixed) formed in the +X [ of this reticle stage RST ], and +Y side, respectively. These laser interferometers shall be packed into below and it shall be called the reticle interferometer RI.

[0040]

The positional information of the reticle stage RST from the reticle interferometer RI is supplied to a main control unit 50. A main control unit 50 carries out drive control of the reticle stage RST through a non-illustrated reticle stage mechanical component based on the positional information of a reticle stage RST.

[0041]

Said projection optics PL is arranged at the lower part in drawing 1 of a reticle stage RST, and let the direction of the optical axis AX be Z shaft orientations. As projection optics PL, the dioptric system which has a projection scale factor (for example, 1/5 or 1/4) predetermined by the both-sides telecentric rucksack, for example is used. For this reason, if Reticle R is illuminated by the illumination light IL from an illumination system 10, it will be formed in the exposure field (exposure field) of the illumination light [ \*\*\*\* / the contraction image (partial inverted image) of the circuit pattern of the reticle R in that lighting field IAR / said lighting field on the wafer W with which the resist (sensitization agent) was applied to the front face ] IL through projection optics PL of the illumination light IL which passed this reticle R.

[0042]

The alignment detection system AS is arranged in +X close-attendants side of projection optics PL. This alignment detection system AS is a mark detection system of an off axis (off-axis) method. As this alignment detection system AS, the alignment sensor of the FIA (Field Image Alignment) system which is a kind of the image formation type alignment sensor of an image-processing method is used with this operation gestalt. This alignment detection system AS is constituted including the light source (for example, halogen lamp) and image formation optical system, the index plate with which the index mark used as detection criteria was formed, the image sensor (CCD), etc. And by the alignment detection system AS, the mark which is a candidate for detection is illuminated by the broadband (broadband) light from the light source, and the reflected light of a from near [ this ] the mark is received by CCD with the light from an index through image formation optical system. At this time, image formation of the image of a mark is carried out to the image pick-up side of CCD with the image of an index. And the location of the mark on the basis of the core of the index mark which is a detection reference point is measured by performing predetermined signal processing to a picture signal (image pick-up signal) from CCD.

[0043]

in addition, it is independent about the alignment sensor which detects the scattered light or the diffracted light which irradiates not only a FIA system but a coherent detection light at an object mark, and is generated from the object mark, or the two diffracted lights (for example, this degree)

generated from the object mark are made to interfere in it, and it detects -- it is -- it combines suitably and, of course, uses -- it is possible.

[0044]

Said wafer stage WST is arranged above the non-illustrated base in the lower part of projection optics PL, and is driven free in XY side (thetaz rotation is included) by the wafer mechanical component which is not illustrated containing a linear motor etc. Moreover, the minute drive of the wafer stage WST is carried out by the actuator which constitutes a wafer mechanical component in Z shaft orientations and the inclination direction (the hand of cut (thetax direction) of the circumference of the X-axis, and hand of cut of the circumference of a Y-axis (the direction of thetay)) over XY side. In addition, in addition to Z shaft orientations and the inclination direction over XY flat surface, the wafer mechanical component may be equipped with the actuator which carries out the minute drive of the wafer stage WST in XY side.

[0045]

Wafer W is held by vacuum adsorption etc. through the non-illustrated wafer holder on the top face of the wafer stage WST. Moreover, the reference mark plate FM with which the reference mark of the reference mark used for base-line measurement of the alignment detection system AS and others was formed is being fixed to the top face of the wafer stage WST. As for this reference mark plate FM, let that front face be the same height mostly with Wafer W.

[0046]

Furthermore, the migration mirror (plane mirror) MX which has the reflector which extends in Y shaft orientations, and the migration mirror (plane mirror) MY which has the reflector which extends in X shaft orientations are fixed to -X side edge section of the wafer stage WST, and each +Y side edge section, respectively. It is perpendicularly projected on the length measurement beam shown in the reflector of the migration mirror MX with the length measurement shaft BX from the interferometer XI which detects the location (distance change) of X shaft orientations, and is perpendicularly projected on the length measurement beam shown with the length measurement shaft BY from the interferometer YI which detects the location of Y shaft orientations in the reflector of the migration mirror MY. the length measurement shaft BX is parallel to the X-axis, the length measurement shaft BY is parallel to a Y-axis, and these both intersect perpendicularly with the optical axis AX of projection optics PL -- it is like (or it crosses perpendicularly).

[0047]

Furthermore, it is projected on two beam BXtheta1 [ parallel to predetermined spacing \*\*\*\*\* X shaft orientations ], and BXtheta2 by Y shaft orientations from the X-axis theta interferometer XthetaI at a perpendicular, respectively, and in the reflector of one migration mirror MX, the X-axis theta interferometer XthetaI receives those reflected lights, and measures the optical path difference between beam BXtheta1 and BXtheta2 to it. Furthermore, the theta interferometer XthetaI measures the rotation of the migration mirror MX in the range specified at intervals of two Y shaft orientations, beam BXtheta1 and BXtheta2.

[0048]

In the reflector of the migration mirror MY of another side, it is perpendicularly projected on two beam BYtheta1 [ parallel to predetermined spacing \*\*\*\*\* Y shaft orientations ], and BYtheta2 by X shaft orientations from the Y-axis theta interferometer YthetaI, and the Y-axis theta interferometer YthetaI measures the optical path difference between beam BYtheta1 and BYtheta2. Furthermore, the theta interferometer YthetaI measures the rotation of the migration mirror MY in the range specified at intervals of two X shaft orientations, beam BYtheta1 and BYtheta2.

[0049]

Drawing which looked at an example of the configuration of said interferometer XI from Y shaft orientations is shown in drawing 2 (A). Polarization beam splitter 2X arranged on the optical path of laser beam 1X by which Interferometer XI is injected from the non-illustrated light source and this light source, Mirror 6X installed in the +Z side of this beam splitter 2X with the tilt angle of 45 degrees to XY side, Quarter-wave length plate (it is called "lambda/4 plate" below) 3B arranged at the +X side of this mirror 6X, It has receiver 10X arranged at the cube-corner-reflector 5X [ which has been arranged at the lambda/4 plate 3A / which has been arranged at the +X side of said beam splitter 2X / and -Z side of beam splitter 2X ], and -X side of beam splitter 2X.

[0050]

While having the delta frequency injected from the non-illustrated light source according to this interferometer XI, helium-Ne laser beam 1X containing the polarization component (P polarization component and S polarization component) which intersected perpendicularly mutually. The beam BX which carries out incidence to polarization beam splitter 2X, and faces to the migration mirror MX according to the polarization direction here (namely, length measurement beam shown with the above-mentioned length measurement shaft BX). It is divided into the other beam (it is hereafter called a "reference beam") BXr to reference mirror (fixed mirror) 7X fixed to the lens-barrel 8 of projection optics PL through mirror 6X. It is reflected by mirror 6X, and the reference beam BXr (S polarization) reflected by beam splitter 2X passes lambda/4 plate 3B, serves as the circular polarization of light, and it is projected on it in the lower half of reference mirror 7X. It is reflected by reference mirror 7X, and this reference beam BXr (circular polarization of light) returns the original optical path to the reverse sense. After being changed into P polarization of the polarization direction which intersected perpendicularly with incident light (delivery light) by passing lambda/4 plate 3B again and being reflected by mirror 6X, the reflective beam reflected by reference mirror 7X at this time penetrates polarization beam splitter 2X, and results in cube-corner-reflector 5X. It is reflected in the reflector of cube-corner-reflector 5X, and this reference beam BXr (P polarization) is turned up by the reverse sense, penetrates beam splitter 2X again (passage), carries out sequential passage of lambda/the mirror 6X and 4 plate 3B further, is changed into the circular polarization of light in this case, and arrives at the upper half of reference mirror 7X. In case lambda/4 plate 3B is passed again, it is changed into S polarization, and sequential reflection is carried out by mirror 6X and polarization beam splitter 2X, and incidence of the reference beam BXr (circular polarization of light) reflected by this reference mirror 7X is carried out to receiver 10X.

[0051]

On the other hand, after the length measurement beam BX (P polarization) which penetrated beam splitter 2X passes lambda/4 plate 3A and is changed into the circular polarization of light, it is projected in the lower half of the migration mirror MX. The length measurement beam BX (circular polarization of light) reflected in this migration mirror MX passes lambda/4 plate 3A, it is changed into S polarization, is caudad reflected by beam splitter 2X, and is reflected in the reflector of corner queue 5X, and it is turned up by the reverse sense, it is again reflected by beam splitter 2X, and it passes lambda/4 plate 3A, is changed into the circular polarization of light, and is projected in the upper half of the migration mirror MX. The length measurement beam BX (circular polarization of light) reflected in this migration mirror MX passes lambda/4 plate 3A, is changed into P polarization, is compounded by the reference beam BXr (S polarization) and the same axle which passed and mentioned beam splitter 2X above, and carries out incidence to receiver 10X. Receiver 10X The reflective beam from the migration mirror MX (length measurement beam BX (P polarization)), The reflective beam (reference beam BXr (S polarization)) from reference mirror 7X Double the polarization direction, make it interfere mutually, and the delta frequency of those reflective beams (it is [ the polarization component which has the frequency difference included in laser beam 1X injected from the light source and which intersected perpendicularly mutually, and ] the same beam substantially) is used. A heterodyne method detects the difference (optical path difference) of the optical path length of two optical paths (the optical path of the length measurement beam BX, and optical path of a reference beam BXr). Change of the optical path of the length measurement beam BX and the optical path difference of a reference beam BXr will be detected as a result by performing detection of such the optical path difference according to change of the location of X shaft orientations of the migration mirror MX.

[0052]

It is constituted by drawing 1 including the beam splitter, the mirror, the receiver, lambda/4 plate, etc. about return and said interferometer YI as well as the interferometer XI mentioned above. In addition, since Interferometer YI also has the same composition as the interferometer XI specifically explained by drawing 2 (A), the explanation shall be omitted about a concrete configuration.

[0053]

As the aforementioned theta interferometer XthetaI is shown in drawing 2 (B), the non-illustrated light source, The polarization beam splitter prepared on the optical path of laser beam 11X injected

from this light source 12X, mirror 15X installed in the +X side of this beam splitter 12X with the tilt angle of 45 degrees to XZ side, (It is hereafter sketched as a "beam splitter" suitably) Mirror 16X installed in the +Y side of this mirror like mirror 15X, lambda/4 plate 14B arranged at the +X side of this mirror 16X, mirror 13X arranged with the sense which intersects perpendicularly with the sense of said mirror 15X at the -Y side of said polarization beam splitter 12X, It has receiver 17X arranged at the lambda/4 plate 14A [ which has been arranged at the +X side of this mirror 13X ], and +Y side of polarization beam splitter 12X.

[0054]

While having the delta frequency injected from the non-illustrated light source according to this theta interferometer XthetaI helium-Ne laser beam 11X containing the polarization component (P polarization component and S polarization component) which intersected perpendicularly mutually It branches to two by reflecting or penetrating by beam splitter 12X, and after being reflected by mirror 13X, the beam of S polarization reflected by beam splitter 12X is set to beam BXtheta1 of the circular polarization of light through lambda/4 plate 14A, and is perpendicularly projected to one point of the migration mirror MX. After sequential reflection is carried out by Mirrors 15X and 16X, the beam of P polarization which penetrated beam splitter 12X passes lambda/4 plate 14B, is set to beam BXtheta2 of the circular polarization of light, and is perpendicularly projected to another point of the migration mirror MX. Beam BXtheta1 and beam BXtheta2 are parallel to the X-axis here, and spacing of Y shaft orientations is set as SX (10mm - about dozens of mm) on the reflector of the migration mirror MX.

[0055]

After beam BXtheta1 (circular polarization of light) reflected in the migration mirror MX passes lambda/4 plate 14A again and it becomes the beam of P polarization, it is reflected by mirror 13X, and it penetrates beam splitter 12X further, and it carries out incidence to receiver 17X. On the other hand, after beam BXtheta2 (circular polarization of light) reflected in the migration mirror MX passes lambda/4 plate 14B again and it becomes the beam of S polarization, sequential reflection is carried out by Mirrors 16X and 15X, and it results in beam splitter 12X. And it is reflected by polarization beam splitter 12X, and this beam (S polarization) is compounded by the beam and the same axle of the above-mentioned P polarization, and carries out incidence to receiver 17X.

[0056]

The reflective beam of beam BXtheta1 which carried out incidence of the receiver 17X (P polarization), Double the polarization direction and the reflective beam (S polarization) of beam BXtheta2 is made to interfere mutually. The delta frequency of those reflective beams (it is [ the polarization component which has the frequency difference included in laser beam 11X injected from the light source and which intersected perpendicularly mutually, and ] the same beam substantially) is used. A heterodyne method detects the difference (optical path difference) of the optical path length of two optical paths (the optical path of beam BXtheta1, and optical path of beam BXtheta2). Change of the optical path of beam BXtheta1 and the optical path difference of beam BXtheta2 will be detected as a result by performing detection of such the optical path difference according to change of the posture of the direction of the migration mirror MX.

[0057]

In addition, although theta interferometer XthetaI was omitted by the above-mentioned explanation, it measures the optical path difference in two points of the migration mirror MX on the basis of a reference mirror (fixed mirror) like Interferometer XI and Interferometer YI in fact.

[0058]

Although constituted by drawing 1 also about return and the theta interferometer YthetaI of another side including the beam splitter, the mirror, lambda/4 plate, the receiver, etc., since it is the same configuration as the above-mentioned theta interferometer XthetaI, the detailed explanation shall be omitted.

[0059]

In addition, the configuration of each above-mentioned interferometer is an example, and it is also possible to adopt other configurations. In short, the variation of the two optical path difference, beam BXtheta1 and BXtheta2, and two variation of the optical path difference of beam BYtheta1 and BYtheta2 should just be calculated. For example, it arranges respectively corresponding to the



migration mirrors MX and MY, and you may make it calculate the local rotation of the reflector of the migration mirrors MX and MY, and the rotation (yawing) of the wafer stage WST from those measurement values and above-mentioned spacing instead of the theta interferometers XthetaI and YthetaI, so that the length measurement shaft may leave Interferometer XI or the interferometer of the pair of the same configuration as YI only in the above-mentioned spacing. In this case, it is not necessary to suppose that only the interferometer of that pair is used and to form Interferometers XI and YI in each of the X-axis and a Y-axis. In addition, it is not necessary to necessarily prepare the above-mentioned reference mirror 7X etc. in projection optics PL, and it may add the interferometer used for measurement of the rotation (the amount of pitching) of the circumference of the X-axis of the wafer stage WST, or the rotation (the amount of rolling) of the circumference of a Y-axis.

[0060]

The measurement signal (detecting signal) from Interferometers XI, YI, and XthetaI and the receiver of each YthetaI mentioned above is sent to the main control unit 50 of drawing 1.

[0061]

According to the aligner 100 of this operation gestalt, like the usual scanning stepper Reticle alignment and the base-line measurement of the alignment detection system AS mentioned above, In a list, after predetermined dead works, such as wafer alignment, such as an EGA (en hunger strike global alignment) method, Moving on a reticle stage RST and the wafer stage WST based on the measurement value of the reticle interferometer RI and a wafer interferometer (XI, XthetaI, YI, YthetaI) Exposure actuation of step - and - scanning method is performed, and the circuit pattern of Reticle R is imprinted by two or more shot fields on Wafer W.

[0062]

And exchange with a wafer [ finishing / exposure on the wafer stage WST ] and the wafer which is the following candidate for exposure is performed by the non-illustrated wafer exchange style in the phase which the exposure to the wafer W on the wafer stage WST ended. thus, the thing for which exposure of -> step -, such as wafer alignment of the wafer exchange -> above-mentioned, and - scanning method is performed repeatedly one by one -- many -- exposure processing to several wafers is performed.

[0063]

In the aligner 100 of this operation gestalt, in case the exposure to whenever [ whenever / of exchange of the wafer of every predetermined number of sheets (one lot is 25 sheets or 50 etc. sheets) for example, one lot, ], i.e., the last wafer of one lot, is completed and exchange with the wafer and wafer of the head of the following lot is performed, measurement of the shape of surface type of the reflector of the migration mirrors MX and MY on the wafer stage WST is performed by the main control unit 50.

[0064]

Hereafter, the measurement approach of the shape of surface type of this reflector is explained to a detail.

[0065]

The wafer stage WST in a location (exposure termination location) when the exposure actuation to the wafer on the wafer stage WST is completed is shown to drawing 3 by Sign WSTE, and the wafer stage WST in the location (wafer exchange location) where wafer exchange is performed is shown to it by Sign WSTL. Below, it considers as the thing of explanation which writes the exposure termination location [ an exposure termination location ] WSTE, and writes the wafer exchange location [ a wafer exchange location ] WSTL for convenience.

[0066]

In the aligner 100 of this operation gestalt, when exchanging the last wafer of a front lot for the wafer of the head of degree lot (it is hereafter called "the time of wafer exchange of a lot head"), at the time of wafer exchange of an except Migration and migration from the wafer exchange location WSTL to an exposure starting position are performed like usual in accordance with a path from which the migration length of the wafer stage WST serves as the shortest mostly from the exposure termination location WSTE of the wafer stage WST to the wafer exchange location WSTL.

[0067]

On the other hand, at the time of wafer exchange of a lot head, first, the wafer stage WST is moved

by the main control unit 50 in accordance with X shaft orientations towards the mid-position (it is hereafter written as the mid-position WSTM) shown with Sign WSTM from the exposure termination location WSTE, as shown in drawing 4 (A). And the data for computing the shape of surface type of the reflector of the migration mirror MY with a main control unit 50 between this migration are acquired.

[0068]

Namely, a main control unit 50 moves in the direction of -X from the exposure termination location WSTE to the mid-position WSTM like \*\*\*\* on the wafer stage WST, carrying out the monitor of the measurement value of Interferometers XI and YI. This migration is performed in order of moderation in front of the acceleration after migration initiation, uniform migration, and migration termination. The acceleration region in this case and moderation regions are few, and most is a uniform region.

[0069]

During migration of the above-mentioned wafer stage WST, synchronizing with the timing of a sampling of every count of predetermined of the measurement value of Interferometer XI, a main control unit 50 samples the measurement value of Interferometers YthetaI and XthetaI, and computes the 1st amount of irregularity for surface type-like calculation of the reflector of the migration mirror MY (the 1st inclination data) as follows.

[0070]

Here, based on drawing 5, the calculation approach of the 1st amount of irregularity of the reflector of the migration mirror MY is explained.

[0071]

In addition, as mentioned above, theta interferometer is measuring the rotation of the reflector of the migration mirrors MX and MY on the basis of a fixed mirror (the above-mentioned reference mirror) in fact, but in order to simplify explanation here, the theta interferometer YthetaI explains as what detects the local rotation of the migration mirror MY on the basis of the datum line RY virtually fixed as shown in drawing 5.

[0072]

In drawing 5, distance of the datum line RY and the migration mirror MY is set to Ya (value currently measured with Interferometer YI), and the local rotation (a tilt angle, corner of a street) of the migration mirror MY in the location is set to thetaY (x). The theta interferometer YthetaI is two points which left only SY to X shaft orientations on the datum line RY, measures the distance Ytheta1 to the migration mirror MY, and Ytheta2, and measures difference Y[ of both distance ] theta (x). That is, difference Ytheta (x) shown by the degree type (1) is measured.

[0073]

$Ytheta(x) = Ytheta2 - Ytheta1 \dots (1)$

[0074]

Here, the main control unit 50 shall have started measurement from the time of the length measurement beam of Interferometer YI carrying out incidence to the point O of having been fixed on the reflector of the migration mirror MY, when the migration mirror MY is in the reference point Ox of X shaft orientations. In addition, it is a time of the wafer stage WST ending acceleration at this time. At this time, both the main control units 50 shall carry out zero reset of the measurement value of Interferometer YI and the theta interferometer XthetaI.

[0075]

The situation of this reset is visually shown in the bottom half section of drawing 5.

[0076]

In this case, since local rotation (tilt angle) thetaY (x) of a migration mirror is a minute angle for about at most 1 - 2 seconds and spacing SY is 10mm to dozens of mm, include-angle thetaY (x) can be approximated by the degree type (2).

[0077]

$thetaY(x) = Ytheta(x) / SY \dots (2)$

[0078]

On the other hand, amount of irregularity deltaY (x) which makes the Y coordinate value of the reflector in the location Ox of the migration mirror MY criteria ( $deltaY(x) = 0$ ) can set a reference



point Ox to  $x=0$ , and can ask for it by the degree type (3).

[0079]

[Equation 1]

$$\Delta Y(x) = \int_0^x \theta Y(x) dx \quad \dots\dots(3)$$

[0080]

However, in fact, during migration, since yawing may occur on the wafer stage WST,  $\Delta Y(x)$  contains a part for the error by the amount of yawing besides the irregularity by the inclination of the reflector of the migration mirror MY. Therefore, it is necessary to deduct a part for the error by the amount of yawing from the value asked by the upper formula (3).

[0081]

It is continued by in this case, projecting the same point on two beam BXtheta1 of the theta interferometer Xtheta1, and BXtheta2, since the wafer stage WST only carries out single dimension migration at X shaft orientations substantially on the reflector of the migration mirror MX, respectively. In this case, since the measurement value of the theta interferometer Xtheta1 is reset like the above-mentioned in the reference point Ox, the value of the theta interferometer Xtheta1 in a location x is set to amount X[ of the wafer stage WST on the basis of a reference point Ox ] of yawing theta (x).

[0082]

Then, the true amount DY1 of irregularity of the reflector of the migration mirror MY (x) is calculated by performing an amendment operation like a degree type (4) using measurement value Xtheta (x) by the theta interferometer Xtheta1 corresponding to measurement value theta[ of the theta interferometer Ytheta1 used for computing amount of irregularity  $\Delta Y(x)$  of a reflector / Y (x) ] Y (x).

[0083]

[Equation 2]

$$DY1(x) = \int_0^x \theta Y(x) dx - \int_0^x X \theta(x) dx \quad \dots\dots(4)$$

[0084]

So, in a main control unit 50, the operation of an upper type (4) is performed whenever it samples data  $\Delta Y(x)$  and Xtheta (x), and the 1st amount DY1 of irregularity of the reflector of the migration mirror MY corresponding to each sampling point (x) is stored in memory.

[0085]

At this time, the last sampling data set as the object of the operation of an upper type (4) shall be data corresponding to  $x=L$ . When becoming  $x=L$ , it shall be in agreement with the point that the wafer stage WST started moderation.

[0086]

Next, carrying out the monitor of the measurement value of Interferometers XI and YI, as shown in drawing 4 (B), it turns the wafer stage WST to the wafer exchange location WSTL from the mid-position WSTM, and a main control unit 50 moves in the direction of +Y. This migration is also performed in order of moderation in front of the acceleration after migration initiation, uniform migration, and migration termination. The acceleration region in this case and moderation regions are few, and most is a uniform region.

[0087]

During migration of the above-mentioned wafer stage WST, synchronizing with the timing of a sampling of every count of predetermined of the measurement value of Interferometer YI, a main

control unit 50 samples the measurement value of Interferometer YthetaI and XthetaI to coincidence, and computes the 1st amount of irregularity of the reflector of the migration mirror MX (the 1st inclination data) like the above-mentioned at every the sampling of the.

[0088]

Namely, a main control unit 50 sets spacing between two beams, Xtheta (y) and the theta interferometer XthetaI, to SX (refer to drawing 2 (B)) for the measurement value of theta interferometer XthetaI. While computing according to a degree type (5), the local rotation (y), i.e., tilt-angle (corner of a street) thetaX, of a reflector, based on a degree type (6), the 1st amount DX 1 of irregularity of the reflector of the migration mirror MX (y) is calculated, using the measurement value of the theta interferometer YthetaI as Ytheta (y).

[0089]

thetaX(y) = Xtheta(y) / SX .... (5)

[0090]

[Equation 3]

$$DX1(y) = \int_0^y \theta X(y) dy - \int_0^y Y \theta(y) dy \quad \dots\dots(6)$$

[0091]

A main control unit 50 calculates the 1st amount DX 1 of irregularity of the reflector of the migration mirror MX corresponding to each sampling point as mentioned above (y), and stores it in memory.

[0092]

At this time, the last sampling data set as the object of the operation of an upper type (6) shall be data corresponding to y=L'. When becoming y=L', it shall be in agreement with the point that the wafer stage WST started moderation.

[0093]

Then, in the wafer exchange location WSTL, exchange with the last wafer of the front lot on the wafer stage WST and the wafer of the head of degree lot is performed by the non-illustrated wafer exchange style.

[0094]

After termination of wafer exchange, although a main control unit 50 moves to the exposure starting position to the wafer of the head of degree lot on the wafer stage WST, in that case, it follows a path contrary to the moving trucking to the wafer exchange location WSTL from the exposure termination location WSTE mentioned above, and moves the wafer stage WST to the exposure termination location WSTE.

[0095]

Namely, a main control unit 50 is a path opposite to drawing 4 (B) about the wafer stage WST first. It moves in the direction of +Y from the wafer exchange location WSTL to the mid-position WSTM, and only the data measured between the uniform migration under this migration are used. In the same procedure as the above-mentioned The 2nd amount DX 2 of irregularity as 2nd inclination data of the reflector of the migration mirror MX (y) is computed, and it memorizes in memory. In this case, the 2nd amount DX 2 of irregularity of the reflector of the migration mirror MX (y) is computed based on a degree type (7).

[0096]

[Equation 4]

$$DX2(y) = - \int_0^{L'-y} \theta X(L'-y) dy + \int_0^{L'-y} Y \theta(L'-y) dy \quad \dots(7)$$

[0097]

Subsequently, a main control unit 50 is a path opposite to drawing 4 (A), and moves in the direction of +X from the mid-position WSTM to the exposure termination location WSTE on the wafer stage WST. Only using the data measured between the uniform migration under this migration, in the same procedure as the above-mentioned, the 2nd amount DY2 of irregularity as 2nd inclination data of the reflector of the migration mirror MY (x) is computed, and it memorizes in memory. In this case, the 2nd amount DY2 of irregularity of the reflector of the migration mirror MY (x) is computed based on a degree type (8).

[0098]

[Equation 5]

$$DY2(x) = -\int_0^{L-x} \theta Y(L-x) dx + \int_0^{L-x} X \theta(L-x) dx \quad \dots (8)$$

[0099]

Then, the data DX 1 of the 1st amount of irregularity of the migration mirrors MX and MY in which the main control unit 50 was computed on the occasion of migration of the wafer stage before wafer exchange (y) and DY1 (x), Based on a degree type (9) and (10), the shape of surface type DY of the true reflector of the migration mirrors MX and MY (the amount of irregularity) (x) and DX (y) are computed using the data DX 2 of the 2nd amount of irregularity of the migration mirrors MX and MY computed on the occasion of the migration after wafer exchange corresponding to this (y), and DY2 (x).

[0100]

$$DX(y) = (DX1(y) + DX2(y))/2 \dots (9)$$

$$DY(x) = (DY1(x) + DY2(x))/2 \dots (10)$$

[0101]

by equalizing the 1st amount of irregularity of the reflector of the migration mirrors MX and MY (the 1st inclination data, i.e., outward trip data), and the 2nd amount of irregularity (the 2nd inclination data, i.e., return trip data) as mentioned above, compared with the conventional example which searches for the shape of surface type of a reflector (the amount of irregularity) using the data of only an outward trip, measurement precision can be boiled markedly and can be raised. namely, when how to calculate the amount of irregularity by integrating the partial amount of deflection of a reflector (tilt angle) like \*\*\*\* (integral) is adopted, in using the data of only an outward trip Although gross errors are contained in a calculation result so that it approaches near the edge of a reflector as a result of integrating the error in the case of approximation of the above-mentioned formula (2) and a formula (5) By averaging outward trip data and return trip data, also in which part of a migration mirror, the error can be made into a comparable value and the effect of the error can be eased.

[0102]

When measuring for example, at N point during the migration to an one direction (under uniform migration) and specifically integrating the data of the local rotation (angle of inclination) of N individual, generally according to normal distribution, the magnitude of the amount of deviations from the true value of an addition value (error) can express with the standard deviation the error included in the addition value. If distribution of distribution of the error included in the data of each is set to sigma2, since distribution of distribution of the error included in an addition value will be set to msigma2 in the m-th ( $1 \leq m \leq N$ ) point, standard deviation serves as root m-sigma. That is, the error proportional to rootm will be included in an addition value. Therefore, the error proportional to rootN will be included [ N point ].

[0103]

On the other hand, by equalizing the outward trip data and return trip data which were obtained by going and coming back to the wafer stage WST like this operation gestalt If the true shape of surface type of a migration mirror is computed, since the configuration error of the m-th ( $1 \leq m \leq N$ ) point

is proportional to  $(\sqrt{N-m} + \sqrt{N-m+1})/2$  from an edge, in eye N point (measure point of one edge of a reflector), a configuration error is proportional to  $(\sqrt{N+1})/2$ . Therefore, the difference with the case (a proportionality constant  $(\sqrt{N+1})/2$ ) where the case (proportionality constant  $\sqrt{N}$  of the error of eye N point) where only outward trip data are used, and both-way data are equalized Since it is set to  $(\sqrt{N-1})/2$  and this value always turns into a forward value in the case of an integer with larger N than 1, the measurement error of the shape of surface type of a reflector [ / near the edge of a migration mirror ] becomes small clearly compared with the case where only outward trip data are used, and that measurement error will be eased.

[0104]

In the aligner 100 of this operation gestalt, a main control unit 50 measures the shape of surface type of the reflector of the migration mirrors MX and MY which were mentioned above for every exchange of the wafer of a lot head, and updates a surface type-like measurement result serially.

[0105]

And during the exposure processing actuation to the wafer of a certain lot Migration of the wafer stages WST, such as wafer alignment and exposure actuation, is faced. It responds to the location of X shaft orientations of the wafer stage WST. The measurement value of the Y-axis interferometer YI It supposes that it amends using the shape of surface type (or it updated) DY (x) measured at the head of the lot, and the measurement value of the X-axis interferometer XI is amended using the shape of surface type (or it updated) DX (y) measured at the head of the lot according to the location of Y shaft orientations of the wafer stage WST.

[0106]

As explained to the detail above, according to the measurement approach of the shape of surface type of the reflector of the migration mirror (MX or MY) which the main control unit 50 of the aligner 100 of this operation gestalt performs While moving in the direction almost parallel to the reflector of a migration mirror (MX or MY) of a predetermined shaft (a Y-axis or X-axis) in XY two-dimensional side on the wafer stage WST, the local rotation (inclination) of a reflector and the rotation (yawing) of the wafer stage WST are measured by coincidence. And the configuration of a reflector is computed only using the rotation of the wafer stage WST corresponding to the local rotation and this local of the reflector of the migration mirror measured while the wafer stage WST was moving at uniform velocity mostly. Therefore, it is possible to measure the shape of surface type of a reflector, without being influenced of deformation of the reflector resulting from the acceleration and deceleration of the wafer stage WST. In this case, it is not necessary to perform coincidence measurement of a rotation and the rotation (yawing) of the wafer stage WST with a local reflector as a line in the time of acceleration of a wafer stage, and moderation. Only the data measured in short when the wafer stage WST moved to calculation of the shape of surface type of a reflector at uniform velocity mostly should be used.

[0107]

Moreover, since positioning actuation (halt actuation) of the wafer stage WST becomes unnecessary before measurement termination after starting the coincidence measurement of the local rotation (inclination) of a reflector, and the rotation (yawing) of the wafer stage WST, the acceleration-and-deceleration time amount in the positioning order becomes unnecessary, and compaction of the part and measurement time amount is possible.

[0108]

Moreover, according to the measurement approach of the shape of surface type of the reflector of the migration mirror (MX or MY) which the main control unit 50 of the aligner 100 of this operation gestalt performs While moving the wafer stage WST to the side else in XY two-dimensional side from the 1 side of the direction almost parallel to the reflector of a migration mirror (MX or MY) of a predetermined shaft (a Y-axis or X-axis), the local rotation of the reflector of a migration mirror and the rotation (yawing) of a wafer stage are measured by coincidence. While moving the wafer stage WST to the 1 side from the side besides predetermined shaft orientations, the local rotation of the reflector of a migration mirror and the rotation (yawing) of a wafer stage are measured by coincidence. And the 1st amount of irregularity which is partial inclination data of the reflector acquired from the measurement result measured in case the wafer stage WST is moved to the side else from 1 side (the outward trip data DX 1 (y) or DY1 (x)), The configuration of a reflector is

computed based on the average with the 1st amount of irregularity (the return trip data DX 2 (y), DY2 (x)) which is partial inclination data of the reflector acquired from the measurement result measured in case it corresponds to these inclination data and also the wafer stage WST is moved to 1 side from a side. Consequently, the effect of with error can be eased as a result by which the error accompanying the above-mentioned addition performed when computing each amount of irregularity is equalized as a whole, it can become possible to compute the shape of surface type of a highly precise reflector, and the measurement capacity of the shape of surface type of a reflector can be raised in respect of precision.

[0109]

According to the aligner 100 of this operation gestalt, like the above-mentioned, it carries out and measurement of the configuration of the reflector of the highly precise migration mirrors MX and MY is performed. Moreover, the configuration of the measured reflector, Controlling the location of the wafer stage WST based on the measurement result of the laser interferometers XI and YI which measure the location of the wafer stage WST using a reflector The pattern of Reticule R is imprinted by step - and - scanning method to each shot field on the wafer W laid on the wafer stage WST. Therefore, the same precision as the case where an ideal (flat) reflector is used is acquired, and highly precise position control of the wafer stage WST is realized. This is enabled to imprint a pattern with a good superposition precision, and it becomes possible to raise the productivity of the device which is a final product.

[0110]

In this case, since amendment of the measurement result of laser interferometers XI and YI based on the measurement result of the shape of surface type of the above-mentioned reflector is performed not only at the time of exposure but at the time of the wafer alignment performed in advance of it, improvement in wafer alignment precision is also possible for it.

[0111]

Moreover, since it is carried out by changing the moving trucking of a wafer stage with usual slightly by the main control unit 50 in the aligner 100 of this operation gestalt in the case of wafer exchange of measurement of the shape of surface type of the above-mentioned migration mirror of a lot head Since the shape of surface type is serially updated based on the calculation result (measurement result) of the shape of the surface type while not reducing especially a throughput, the position control nature of the wafer stage WST can be kept good [ precision ] over a long period of time.

[0112]

In addition, although the above-mentioned operation gestalt explained the case where the sampling of each data for surface type-like calculation of the reflector of the migration mirrors MX and MY was performed with a predetermined sampling period about each outward trip and a return trip, without stopping the wafer stage WST on the way, the actuation which stops the wafer stage WST not only by this but by the middle may be included about several times. In this case, it may divide among the two or more division bordering on that halt location, and coincidence measurement of the local rotation (inclination) of a reflector and the rotation (yawing) of the wafer stage WST may be performed with a predetermined sampling period during uniform migration of the wafer stage WST for every section. Since data are sampled during uniform migration of the wafer stage WST even if it is this case, compared with the case where wait for setting of positioning and data are incorporated, compaction of the measuring time is possible.

[0113]

Moreover, although not only the coincidence measurement of the local rotation (inclination) of a reflector and the rotation (yawing) of the wafer stage WST but calculation of the 1st above-mentioned amount of irregularity and the 2nd amount of irregularity using the measured data shall be performed during migration of the wafer stage WST with the above-mentioned operation gestalt Only not only this but the above-mentioned coincidence measurement is performed during migration of the wafer stage WST, and the location of the measured data and the wafer stage WST is associated mutually, and it stores in memory. Later After performing an operation required about each of an outward trip and a return trip or storing the data of an outward trip return trip required for calculation of the true shape of surface type of a reflector into memory, it may be made to perform all operations at once collectively.

[0114]

In addition, with the above-mentioned operation gestalt, carrying out both-way migration of the wafer stage WST about X shaft orientations and Y shaft orientations The wafer stage WST of the measurement data with which the wafer stage WST of the measurement data of an outward trip was sampled during uniform migration, and the measurement data of a return trip computes the shape of surface type of a reflector (the 1st inclination data, the 2nd inclination data) using the measurement data measured during uniform migration. Although the shape of surface type of a reflector shall be computed by equalizing those data, this invention is not restricted to this and the data sampled in addition to the time of uniform migration of a wafer stage (at for example, the time of acceleration and deceleration) may be used. Even if it is this case, mitigation of the effect of the error by the above-mentioned equalization is possible by searching for the shape of surface type of a reflector like the above-mentioned using the measurement data sampled on the outward trip, and the measurement data sampled in the return trip.

[0115]

Moreover, although premised on the sampling of the above-mentioned data (data of the local rotation of a reflector and the rotation of the wafer stage WST) being performed with the same coordinate point of the wafer stage WST in an outward trip and a return trip with the above-mentioned operation gestalt, this is carried out in this way from a viewpoint which avoids complication of explanation, it is a thing and this invention is not limited to this. That is, it is with an outward trip and a return trip, and it is also possible to sample the local rotation of a reflector and the rotation of the wafer stage WST at a different coordinate point. In this case, the equalization operation of outward trip data and return trip data is preceded. One side of the outward trip data (the 1st amount of irregularity) computed using each sampling data, and return trip data (the 2nd amount of irregularity) The X coordinate of the wafer stage WST, Or the function which makes Y coordinate an independent variable is resembled, the coordinate value with which the sampling of the data of another side was performed in the function is substituted, the amount of irregularity in the point is calculated, and it may be made to perform the above-mentioned equalization operation using the value. Or the outward trip data (the 1st amount of irregularity) with the nearest coordinate value and return trip data (the 2nd amount of irregularity) at the time of a sampling may be made to perform an equalization operation.

[0116]

Moreover, although [ the above-mentioned operation gestalt / carrying out both-way migration of the wafer stage WST at X and both the shaft orientations of Y ] the shape of surface type of the reflector of a migration mirror is measured, only for example, not only this but X shaft orientations (or Y shaft orientations) carry out both-way migration, and measure, and Y shaft orientations (or X shaft orientations) are good also as moving only to the side else and measuring from 1 side. Furthermore, it is good also as moving only to the side else from 1 side, and measuring also about any of X and a Y-axis, from a viewpoint of shortening the time amount which measurement of the shape of surface type of the reflector of a migration mirror takes. It is possible for it to be accurate and to measure the shape of surface type of a reflector, without being influenced of deformation of the reflector which originates in the acceleration and deceleration of the wafer stage WST by computing the shape of surface type of a migration mirror reflector using each above-mentioned data sampled at the time of cheek uniform migration of the wafer stage WST, even if it is this case. Moreover, since the above-mentioned acceleration-and-deceleration time amount is unnecessary, it is also possible to become possible to perform frequently coincidence measurement of a rotation and the rotation of the wafer stage WST with said local reflector in the above-mentioned patent reference 1 compared with invention of a publication etc., to become collectable [ finer data ], and to raise measurement precision in this point.

[0117]

Moreover, when exchanging for the wafer of the head of degree lot after exposure termination of the last wafer of a front lot, although [ the above-mentioned operation gestalt ] the shape of surface type of the reflector of the migration mirrors MX and MY is measured, it is good in a line in the case of the wafer exchange not only in the middle of this but a lot. That is, regardless of wafer exchange, it drives by X shaft orientations, when proper [ for every lot ], the wafer stage WST is driven at

uniform velocity to Y shaft orientations, and it is good as measuring the shape of surface type of the reflector of the migration mirrors MX and MY as well as the above-mentioned operation gestalt.

[0118]

In addition, although the migration from the exposure termination location to the X shaft-orientations 1 side (-X side) was started with the above-mentioned operation gestalt This invention is not restricted to this, and after moving to a side (+X side) besides X shaft orientations to the last-minute location where the beam of Interferometer XthetaI stops hitting from an exposure termination location, migration of the wafer stage WST by the side of the X shaft orientations 1 for measurement (-X side) may be started.

[0119]

<< -- operation gestalt [ of \*\* a 2nd ]>>

Next, the 2nd operation gestalt of this invention is explained based on drawing 6 . Here, about a part the same as that of the 1st operation gestalt mentioned above, or equivalent, while using the same sign, the explanation shall be given simple, or it shall omit. It is only that the aligner of this 2nd operation gestalt differs from the aligner of the 1st operation gestalt which the measurement approach of the shape of surface type of the reflector of the migration mirrors MX and MY on the wafer stage WST performed by the main control unit 50 and the timing of measurement mentioned above, and the equipment configuration etc. is the same as that of the 1st operation gestalt mentioned above. Therefore, below, difference is explained as a core from a viewpoint which avoids duplication explanation.

[0120]

The top view of the wafer stage WST is shown in drawing 6 . As shown in this drawing 6 , on the wafer W laid on the wafer stage WST, the shot field Si of N individual (i= 1 - N) is formed in the shape of a matrix of exposure to a front layer.

[0121]

In the exposure actuation after the 2nd layer to Wafer W, exposure is performed by step - and - scanning method, and to the shot fields S1-SN, the pattern of Reticle R piles up and is imprinted. A part of relative moving trucking to the wafer W based on [ of the projection optics PL in the case of exposure by this step - and - scanning method ] projection (optical axis) is indicated on the wafer in drawing 6 (refer to path RE of drawing 6 ). In addition, from a viewpoint which gives explanation on expedient of illustration intelligible, although projection optics PL is immobilization and the wafer stage WST moves in fact, it is illustrated as if projection optics PL moved in drawing 6 .

[0122]

In this path RE, acceleration of the direction of +Y of the wafer stage WST is started from the scan starting position (acceleration starting position) PA, and just before the front end of an exposure field (exposure field on the wafer of the illumination light [ \*\*\*\* / the above-mentioned lighting field IAR ] IL) starts the shot field S1, the wafer stage WST (and reticle stage RST) will be in a uniform migration condition. And after exposure is performed during uniform migration, while exposure is completed in the phase from which the whole (back end) exposure field separated from the shot field, moderation of the wafer stage WST is started, and it stops in the predetermined location PB. In addition, although a part of exposure field separates from a shot field immediately after initiation of scan exposure, and just before termination, respectively, it has prevented that the illumination light is irradiated by the outside of a shot field with the above-mentioned reticle blind etc. in fact.

[0123]

Then, the wafer stage WST starts the stepping actuation to the direction of -X. In this stepping, acceleration -> uniform -> moderation migration is performed, and it moves and stops to the scan starting position PC for exposure of the next shot field (acceleration starting position). After this, in accordance with Path RE, the wafer stage WST is moved like the above, exposure actuation and stepping actuation are repeated, and the pattern of Reticle R is imprinted by the so-called perfect mutual scanning method to the shot fields S1-SN on Wafer W.

[0124]

By the way, in the aligner of the operation gestalt of \*\*\*\* 2, a main control unit 50 samples the data (the local rotation of a migration mirror, and rotation of the wafer stage WST (yawing)) for computing the shape of same surface type of the migration mirrors MX and MY as the operation



gestalt of the above 1st during migration of the wafer stage WST in exposure actuation and stepping actuation.

[0125]

namely, -- while a main control unit 50 samples the measurement value of the interferometer YthetaI which measures the rotation (yawing) of the interferometer XthetaI which measures the local rotation of the migration mirror MX during scan exposure synchronizing with the timing of a sampling of every count of predetermined of the measurement value of the interferometer YI which measures the location of Y shaft orientations of the wafer stage WST, and the wafer stage WST -- those measurement values -- mutual -- and it matches with the measurement value of Interferometer YI, and memorizes in memory.

[0126]

Moreover, a main control unit 50 synchronizes during uniform migration of the wafer stage WST under stepping actuation at the timing of a sampling of every count of predetermined of the measurement value of the interferometer XI which measures the location of X shaft orientations of the wafer stage WST. while sampling the measurement value of the interferometer XthetaI which measures the measurement value of the interferometer YthetaI which measures the local rotation of the migration mirror MY, and the rotation (yawing) of a wafer stage -- those measurement values -- mutual -- and it matches with the measurement value of Interferometer XI, and memorizes in memory.

[0127]

Repeat such each data sampling at exposure actuation and every stepping actuation, and it is performed. each of the migration mirrors MX and MY -- an outward trip and a return trip -- respectively -- coming out -- method \*\* of straight side of a reflector -- it migrating to the whole region mostly, and, when the data used for calculation of the shape of surface type of a reflector are able to be collected Suppose that the shape of surface type of a reflector is computed, respectively respectively based on the formula (4) mentioned above, (6), (7), and (8).

[0128]

Here, although a difference will arise in the number of the data measured about each measure point, in such a case, it is good also as using the newest data, and the average may be used for it.

[0129]

And both the main control units 50 compute the shape of surface type of the reflector of the migration mirror MY by performing the operation of a formula (10) at the back at the time of the ability performing the operation of the above-mentioned formula (4) and (8), and update the surface type-like data beforehand memorized in memory. Moreover, the shape of surface type of the reflector of the migration mirror MX is computed by performing the operation of a formula (9) at the back at the time of the ability performing both the operations of the above-mentioned formula (5) and (7), and the surface type-like data beforehand memorized in memory are updated.

[0130]

Then, a main control unit 50 manages the location of the wafer stage WST based on the shape of surface type of the updated reflector until updating is performed next.

[0131]

As explained to the detail above, according to the aligner of the operation gestalt of \*\*\*\* 2, a main control unit 50 On the occasion of exposure processing of step - and - scanning method, are usually carried out. During the migration (stepping actuation) to X shaft orientations of the wafer stage WST, and the migration (exposure actuation) to Y shaft orientations A multiple-times line collects data with the rotation of the wafer stage WST corresponding to the local rotation and this local almost covering an overall length of X shaft orientations (or Y shaft orientations) of a reflector for the coincidence measurement of a rotation and the rotation of the wafer stage WST with a part of local reflector of the migration mirrors MX and MY. And since the configuration of a reflector is computed based on the collected data, there is no need of establishing the time amount which data collection takes independently [ exposure actuation etc. ], and it can control that a measurement process bars advance of an exposure process.

[0132]

Moreover, with the operation gestalt of \*\*\*\* 2, by the same technique as the 1st operation gestalt



fundamentally mentioned above, since measurement of the shape of surface type of the reflector of the migration mirrors MX and MY is performed. The configuration of a reflector is measurable with a sufficient precision. The configuration of the measured reflector, Based on the measurement result of the laser interferometers XI and YI which measure the location of the wafer stage WST using a reflector, it moves on the wafer stage WST and a pattern is imprinted to the wafer on the wafer stage WST. Therefore, the same precision as the case where an ideal reflector is used is acquired, and position control with a highly precise mobile is realized. Thereby, it becomes possible to imprint a pattern with a good superposition precision, without reducing a throughput. Therefore, it becomes possible to raise the productivity of the device which is a final product.

[0133]

With the operation gestalt of \*\*\*\* 2, even if it is in the middle of an exposure processing sequence, calculation of the shape of surface type of the reflector of a migration mirror may be performed. Moreover, in such a case Since amendment of an interferometer can be performed from from based on the shape of this updated surface type immediately after updating the shape of surface type, it is possible not to make one wafer useless completely and to improve the yield of an aligner.

[0134]

in addition -- the operation gestalt of the above 2nd -- exposure -- working and stepping -- although data are collected working, it is possible for this invention not to be restricted to this and to carry out to various timing, such as under migration of the wafer stage at the time of wafer exchange and migration of the stage in the case of alignment.

[0135]

In addition, although [ the operation gestalt of the above 2nd ] stepping between shot fields is performed by migration of the direction in alignment with Y shaft orientations, it is good also as performing stepping by migration not only this but whose exposure core draws a U character-like locus on Wafer W. In this case, when the shape of surface type of the migration mirror MX by the side of the X-axis is frequently immeasurable, it supposes that only the shape of surface type of the migration mirror MY by the side of a Y-axis is measured, and you may make it take measurement time amount separately about an X-axis side in exposure actuation and stepping by carrying out stepping to the shape of U character. or stepping -- it is not necessary to measure the shape of the surface type for it to be working (at least under acceleration and deceleration)

[0136]

Moreover, although [ the operation gestalt of the above 2nd ] the shape of surface type which computed the shape of surface type of a reflector and was memorized by the memory of a main control unit 50 by carrying out those equalization in the phase where outward trip data and return trip data were computed is updated, only not only this but outward trip data are good also as updating the shape of surface type in the phase where only return trip data were computed. Moreover, what is necessary is for it to be good also as performing equalization processing using the return trip data used when only outward trip data were computed, for example and the shape of surface type of the reflector memorized by memory was computed, and just to suppose further, that same processing is performed, also when only return trip data are computed.

[0137]

In addition, although each above-mentioned operation gestalt explained as what amends the measurement value of the interferometer as a location metering device according to the shape of surface type of the reflector of the migration mirrors MX and MY, this invention is not restricted to this. For example, the shape of surface type of the reflector of the migration mirrors MX and MY is measured by the measurement approach explained with each above-mentioned operation gestalt, and the same measurement approach. Namely, this measurement result, When a predetermined threshold is compared and the surface type-like measurement result is over said threshold, you may make it emit warning which demands a maintenance from a user (operator) through a non-illustrated display etc. with a main control unit 50. In this case, after it emits warning, a main control unit 50 stands by until a maintenance is completed, is in the condition that the shape of surface type of the reflector of the migration mirrors MX and MY was restored, after maintenance termination, and resumes exposure actuation.

[0138]

Furthermore, with each above-mentioned operation gestalt, although the measurement value of an interferometer shall be amended according to the shape of surface type of a reflector, this invention is not restricted to this. For example, it is good also as amending the target position which should move on a wafer stage according to the shape of surface type of a reflector, and carrying out amendment control of the migration of a wafer stage. In this case, migration control of a wafer stage XY system of coordinates specified with the length measurement shaft of Interferometers XI and YI and the system of coordinates which specify migration of an actual wafer stage carry out [ control ] abbreviation coincidence should just be performed, without being influenced by the shape of surface type of a migration mirror reflector not being a true flat surface.

[0139]

In addition, although [ each above-mentioned operation gestalt ] the local rotation of a reflector is computed using a light wave interferometer, it is good also as adopting the metering device of a configuration of projecting the parallel flux of light on the reflector of a migration mirror, and carrying out photoelectrical detection of the change of the reflective direction of the reflected light bundle not only using this but using other metering devices, i.e., for example, autocollimator method.

[0140]

Moreover, it is good also as measuring like each above-mentioned operation gestalt also about the rotation of the wafer stage WST (mobile) using a light wave interferometer, and good also as adopting metering devices of various configurations, such as a metering device which used the autocollimator method like the above.

[0141]

In addition, although each above-mentioned operation gestalt explained the case where a migration mirror was formed on the wafer stage WST, this invention is not restricted to this, may replace with the reflector of a migration mirror, may carry out mirror plane processing of the end face of a wafer stage, and may form a reflector. Even if it is this case, when it is difficult to process the shape of surface type of a reflector evenly completely, it is desirable from fields, such as precision and a throughput, to adopt the measurement approach of the shape of surface type of a reflector explained with each above-mentioned operation gestalt.

[0142]

Moreover, although each above-mentioned operation gestalt explained the case where the measurement approach of this invention was adopted as measurement of the shape of surface type of the reflector of the migration mirror of the wafer stage WST, when using the same metering device as the wafer stage WST side for measurement of a reticle stage, it is possible to adopt the measurement approach of this invention as measurement of the reflector of the migration mirror of a reticle stage.

[0143]

In addition, with each above-mentioned operation gestalt, it sets to measurement of the shape of surface type of the reflector of the migration mirror of the wafer stage WST. Use only the measurement data under (i) uniform migration for the surface type-like measurement approach using outward trip data and return trip data. (ii) Although the measurement approach combined with each of two invention of changing a part of the measurement section [ at least ], and performing repeatedly the process which measures some data of a reflector was explained It is good also as adopting the approach (namely, the measurement approach which equalizes the outward trip data measured to predetermined shaft orientations, carrying out step migration, and the return trip data corresponding to this) of this invention not being restricted to this and performing the surface type-like measurement approach using outward trip data and return trip data independently.

[0144]

In addition, if it is while moving linearly in the inside of XY two-dimensional side, even if it is while moving in which direction, measuring is possible, although [ each above-mentioned operation gestalt ] measured, while moving along the both directions of X shaft orientations and Y shaft orientations on the wafer stage WST.

[0145]

In addition, it is good also as applying the measurement approach of this invention, and the exposure

approach to the aligner of the twin stage type which has not only the aligner of the single-stage type which has one wafer stage but two wafer stages with each above-mentioned operation gestalt, and the aligner of the multistage type which has many wafer stages further.

[0146]

Moreover, although the wafer stage shall be equipped with two reflectors which intersect perpendicularly mutually with each above-mentioned operation gestalt, it is good also not only considering this but a reflector as one or having three or more. For example, the reflector which may establish three reflectors in a wafer stage in the shape of [ of KO ] a character (character of U), or is installed in the predetermined direction may be divided into plurality.

[0147]

In addition, with each above-mentioned operation gestalt, as the light source, although the pulse laser light source of vacuum ultraviolet areas, such as sources of ultraviolet radiation, such as a KrF excimer laser (output wavelength of 248nm), F2 laser, and ArF excimer laser, or a mercury lamp shall be used, other vacuum-ultraviolet light sources, such as not only this but Ar2 laser light source (output wavelength of 126nm), may be used. Moreover, the single wavelength laser beam of the infrared region oscillated not only from a laser beam but from the DFB semiconductor laser or fiber laser outputted from each above-mentioned light source as a vacuum-ultraviolet light, for example or a visible region may be amplified with the fiber amplifier with which the erbium (Er) (or both an erbium and an ytterbium (Yb)) was doped, and the higher harmonic which carried out wavelength conversion may be used for ultraviolet radiation using a nonlinear optical crystal. Furthermore, charged-particle lines, such as not only ultraviolet radiation etc. but an X-ray (EUV light is included) or an electron ray, and an ion beam, etc. may be used as illumination light IL.

[0148]

In addition, although the case where this invention was applied to scanning aligners, such as step - and - scanning method, was explained more with each above-mentioned operation gestalt paying attention to the advantage of the scan exposure method [ pattern / of a large area ] that it can imprint on a wafer with high precision, without making the burden to projection optics not much heavy, of course, the applicability of this invention is not limited to this. That is, this invention can be applied suitably also at the contraction projection aligner of a step-and-repeat method, and the highly precise exposure without defocusing is attained similarly.

[0149]

In addition, while including the illumination-light study system and projection optics which consist of two or more lenses in the body of an aligner and carrying out optical adjustment, the aligner of each above-mentioned operation gestalt can be manufacture by attaching in the body of an aligner the reticle stage and wafer stage which consist of many machine parts, connecting wiring and piping, and carrying out comprehensive adjustments ( electric adjustment, check of operation, etc.) further. In addition, as for manufacture of an aligner, it is desirable to carry out in the clean room where temperature, an air cleanliness class, etc. were managed.

[0150]

In addition, although each above-mentioned operation gestalt explained the case where the measurement approach of this invention was performed with the aligner for semi-conductor manufacture, this invention is widely applicable to the aligner for manufacturing the aligner for liquid crystal which imprints a liquid crystal display component pattern on the glass plate of not only this but a square shape, the thin film magnetic head, an image sensor, organic electroluminescence, a micro machine, a DNA chip, etc.

[0151]

Moreover, in order to manufacture the reticle or mask used not only with micro devices, such as a semiconductor device, but with an optical aligner, an EUV aligner, an X-ray aligner, an electron ray aligner, etc., this invention is applicable also to the aligner which imprints a circuit pattern to a glass substrate or a silicon wafer. Generally with the aligner using DUV (far-ultraviolet) light, VUV (vacuum ultraviolet) light, etc., a transparency mold reticle is used here, and quartz glass, the quartz glass with which the fluorine was doped, a fluorite, magnesium fluoride, or Xtal is used as a reticle substrate.

[0152]

In addition, this invention may be applied to the immersion aligner with which a liquid is filled between the projection optics PL and the wafers which are indicated by the international public presentation WO 99/No. 49504 etc., for example.

[0153]

Furthermore, this invention may be applied to an aligner, a mirror projection aligner, etc. of a projection method, and if it has the mobile which holds a sensitization body regardless of the configuration in short, this invention is applicable about any aligners.

[0154]

Furthermore, although each above-mentioned operation is explained the case where the measurement approach of this invention was performed with an aligner, even if it is equipments, such as test equipment other than an aligner, and processing equipment, the measurement approach of this invention is suitably applicable.

[0155]

A semiconductor device is manufactured through the step which performs the function and engineering-performance design of a device, the step which manufactures the reticle based on this design step, the step which manufactures a wafer from a silicon ingredient, the step which imprints the pattern of a reticle to a wafer with the aligner of the operation is explained above, a device assembly step (a dicing process, a bonding process, and a package process are included), an inspection step, etc. Therefore, it becomes possible to manufacture the semiconductor device with sufficient productivity.

[0156]

[Effect of the Invention]

As explained above, according to each measurement approach according to claim 1 to 4, it is effective in the ability to raise the measurement capacity of the shape of surface type of the reflector established in the mobile.

[0157]

Moreover, according to each measurement approach according to claim 5 to 8, it is effective in the ability to perform measurement of the shape of surface type of the reflector established in the mobile, without reducing the throughput of other actuation of a mobile.

[0158]

Moreover, according to each exposure approach according to claim 9 to 15, it is effective in the ability to raise the productivity of the device which is a final product.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective view showing roughly the configuration of the aligner concerning the 1st operation is explained above.

[Drawing 2] Drawing 2 (A) is drawing showing the configuration of Interferometer XI concretely, and drawing 2 (B) is drawing showing the configuration of Interferometer XthetaI concretely.

[Drawing 3] It is drawing (the 1) for explaining how measuring the shape of surface type of the reflector of a migration mirror on the occasion of wafer exchange of a lot head.

[Drawing 4] Drawing 4 (A) and drawing 4 (B) are drawings (the 2) for explaining how measuring the shape of surface type of the reflector of a migration mirror on the occasion of wafer exchange of a lot head.

[Drawing 5] It is drawing for explaining how measuring the shape of surface type of the reflector of the migration mirror MY.

[Drawing 6] It is drawing for explaining how measuring the shape of surface type of the reflector of a migration mirror established in the wafer stage concerning the 2nd operation is explained above.

[Description of Notations]

W -- A wafer (sensitization body), WST -- A wafer stage (mobile), XI, XthetaI, YI, YthetaI -- Interferometer (a location metering device, light wave interferometer).

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective view showing roughly the configuration of the aligner concerning the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] Drawing 2 (A) is drawing showing the configuration of Interferometer XI concretely, and drawing 2 (B) is drawing showing the configuration of Interferometer XthetaI concretely.

[Drawing 3] It is drawing (the 1) for explaining how measuring the shape of surface type of the reflector of a migration mirror on the occasion of wafer exchange of a lot head.

[Drawing 4] Drawing 4 (A) and drawing 4 (B) are drawings (the 2) for explaining how measuring the shape of surface type of the reflector of a migration mirror on the occasion of wafer exchange of a lot head.

[Drawing 5] It is drawing for explaining how measuring the shape of surface type of the reflector of the migration mirror MY.

[Drawing 6] It is drawing for explaining how measuring the shape of surface type of the reflector of a migration mirror established in the wafer stage concerning the 2nd operation gestalt.

[Description of Notations]

W -- A wafer (sensitization body), WST -- A wafer stage (mobile), XI, XthetaI, YI, YthetaI -- Interferometer (a location metering device, light wave interferometer).

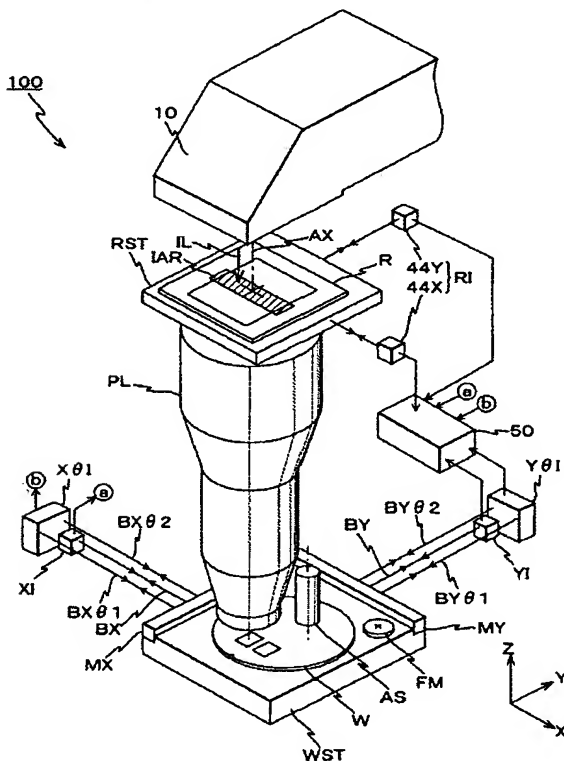
---

[Translation done.]

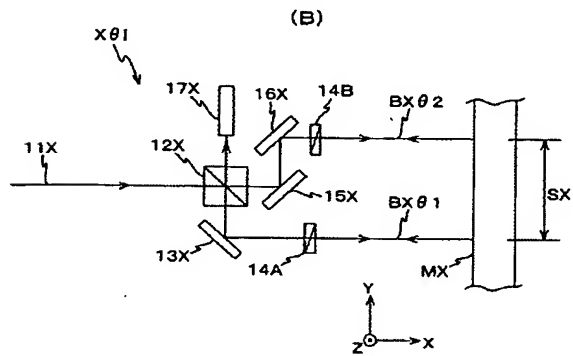
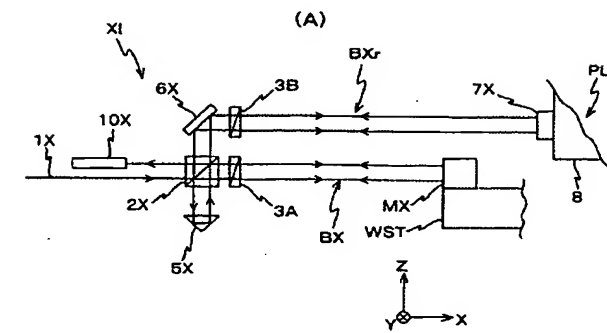
JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

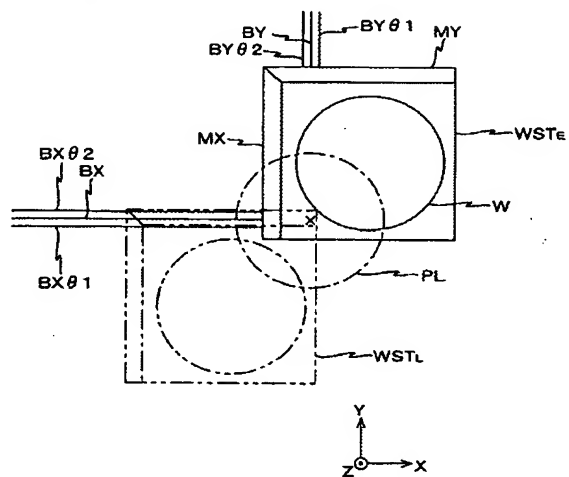
[Drawing 1]



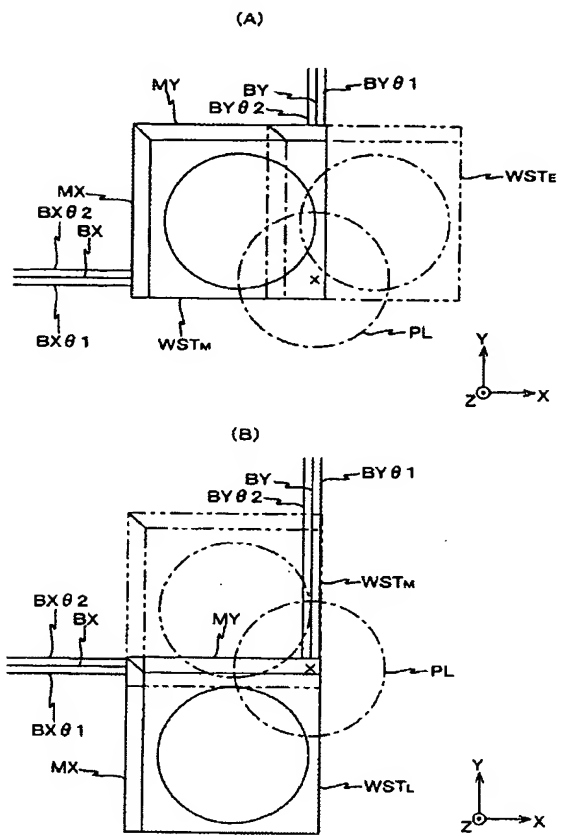
[Drawing 2]



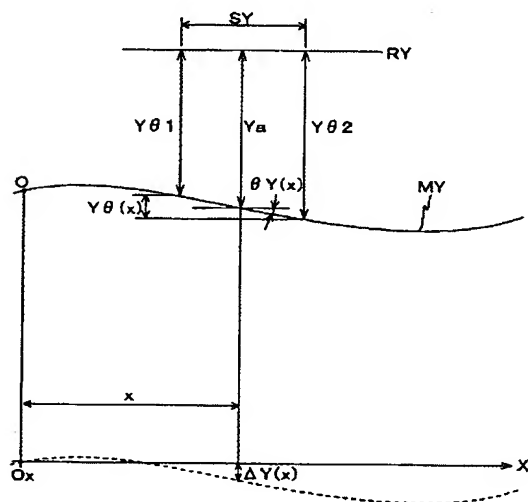
[Drawing 3]



[Drawing 4]

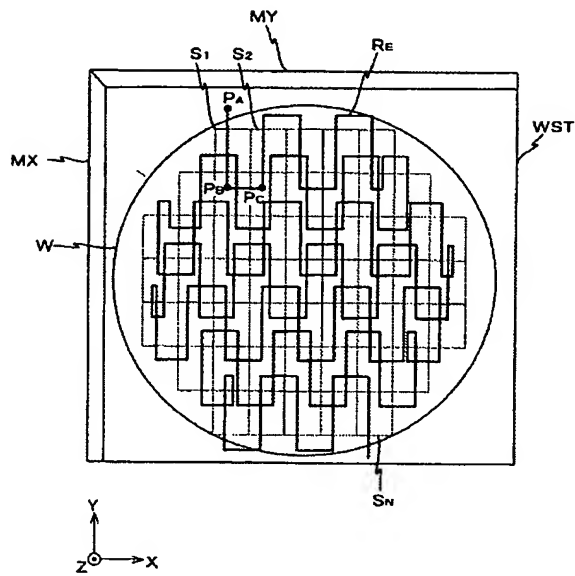


[Drawing 5]



[Drawing 6]





---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-241666

(P2004-241666A)

(43) 公開日 平成16年8月26日(2004.8.26)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027	HO 1 L 21/30 5 1 6 B	2 F O 6 5
GO 1 B 11/00	GO 1 B 11/00 G	5 F O 4 6
GO 3 F 7/20	GO 3 F 7/20 5 2 1	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2003-30256 (P2003-30256)	(71) 出願人	000004112
(22) 出願日	平成15年2月7日 (2003.2.7)		株式会社ニコン
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
		(74) 代理人	100102901
			弁理士 立石 篤司
		(72) 発明者	神谷 三郎
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
			式会社ニコン内
		(72) 発明者	近藤 美雪
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
			式会社ニコン内
		(72) 発明者	金 究 豊
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
			式会社ニコン内

最終頁に続く

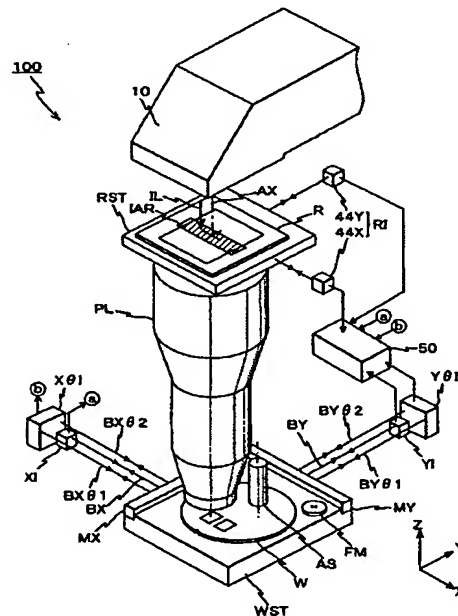
(54) 【発明の名称】 計測方法及び露光方法

(57) 【要約】

【課題】 反射面の表面形状の計測を短時間でかつ高精度に行う。

【解決手段】 2次元面内で移動鏡MX, MYの反射面にほぼ平行な軸方向にステージWSTを移動している間に反射面の局所的な回転量とステージの回転量とを同時に測定し、ステージがほぼ等速で移動しているときに測定された反射面の局所的な回転量とこれに対応するステージの回転量のみを用いて、前記反射面の形状を算出する。これにより、ステージの加減速に起因する反射面の変形の影響を受けることなく、反射面の表面形状を精度良く、計測することが可能となる。また、ステージを所定間隔で位置決めして位置決め都度、反射面の局所的な回転量とステージの回転量を計測する場合と異なり、同時測定の開始から終了までの間、ステージの位置決め及びその位置決め前後での加減速時間が不要となるので、結果的に計測時間の短縮が可能となる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

2次元面内を移動可能な移動体に設けられた少なくとも1つの反射面の表面形状を計測する計測方法であって、

前記2次元面内で前記反射面にほぼ平行な所定軸方向に前記移動体を移動している間に前記反射面の局所的な回転量と前記移動体の回転量とを同時に測定する工程と；

前記移動体がほぼ等速で移動しているときに測定された前記反射面の局所的な回転量とこれに対応する移動体の回転量のみを用いて、前記反射面の形状を算出する工程と；を含む計測方法。

## 【請求項 2】

10

前記測定する工程は、

前記所定軸方向の一侧から他側へ前記移動体を移動している間に前記反射面の局所的な回転量と前記移動体の回転量とを同時に測定する第1測定工程と；

前記所定軸方向の他側から一侧へ前記移動体を移動している間に前記反射面の局所的な回転量と前記移動体の回転量とを同時に測定する第2測定工程と；を含み、

前記算出する工程では、前記第1測定工程の測定結果から得られる前記反射面の部分的な第1傾斜データと、該第1傾斜データに対応する前記第2測定工程の測定結果から得られる前記反射面の部分的な第2傾斜データとに基づいて前記反射面の形状を算出することを特徴とする請求項1に記載の計測方法。

## 【請求項 3】

20

2次元面内を移動可能な移動体に設けられた少なくとも1つの反射面の形状を計測する計測方法であって

前記2次元面内で前記反射面にほぼ平行な所定軸方向の一侧から他側へ前記移動体を移動している間に前記反射面の局所的な回転量と前記移動体の回転量とを同時に測定する第1測定工程と；

前記所定軸方向の他側から一侧へ前記移動体を移動している間に前記反射面の局所的な回転量と前記移動体の回転量とを同時に測定する第2測定工程と；

前記第1測定工程の測定結果から得られる前記反射面の部分的な第1傾斜データと、該第1傾斜データに対応した前記第2測定工程の測定結果から得られる前記反射面の部分的な第2傾斜データとに基づいて前記反射面の形状を算出する工程と；を含む計測方法。

30

## 【請求項 4】

前記反射面の局所的な回転量は、光波干渉計により測定されることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の計測方法。

## 【請求項 5】

2次元面内を移動可能な移動体に設けられた少なくとも1つの反射面の形状を計測する計測方法であって、

前記2次元面内で前記反射面にほぼ平行な所定軸方向に前記移動体を移動する間に、前記反射面の一部の局所的な回転量と前記移動体の回転量とを同時に測定する工程を、複数回行って前記反射面の前記所定軸方向のほぼ全長にわたる前記局所的な回転量とこれに対応する前記移動体の回転量とのデータを収集する工程と；

前記収集する工程で収集されたデータに基づいて、前記反射面の形状を算出する工程と；を含む計測方法。

40

## 【請求項 6】

前記収集する工程と、算出する工程とを繰り返し、前記算出する工程で前記反射面の形状が算出される度に、前記反射面の形状データを更新する工程を更に含むことを特徴とする請求項5に記載の計測方法。

## 【請求項 7】

前記収集する工程は、前記所定軸方向の一侧から他側へ前記移動体を移動している間に、前記反射面の前記所定軸方向のほぼ全長にわたる前記局所的な回転量とこれに対応する前記移動体の回転量とのデータを収集する第1収集工程と、前記所定軸方向の他側から一侧

50

へ前記移動体を移動している間に、前記反射面の前記所定軸方向のほぼ全長にわたる前記局所的な回転量とこれに対応する前記移動体の回転量とのデータを収集する第2収集工程とを含み、

前記算出する工程では、前記第1収集工程で収集されたデータから得られる前記反射面の部分的な第1傾斜データと、該第1傾斜データに対応した前記第2収集工程で収集されたデータから得られる前記反射面の部分的な第2傾斜データとに基づいて前記反射面の形状を算出することを特徴とする請求項5又は6に記載の計測方法。

【請求項8】

前記反射面の局所的な回転量は、光波干渉計により測定されることを特徴とする請求項5～7のいずれか一項に記載の計測方法。

10

【請求項9】

請求項1～4のいずれか一項に記載の計測方法を用いて前記反射面の形状を計測する工程と；

前記計測された反射面の形状と、前記反射面を用いて前記移動体の位置を計測する位置計測装置の計測結果とに基づいて前記移動体を移動して、前記移動体上に載置された感光物体に対してパターンを転写する工程と；を含む露光方法。

【請求項10】

前記計測する工程では、前記反射面の一部の局所的な回転量と前記移動体の回転量との同時測定を、複数回行って前記反射面の前記所定軸方向のほぼ全長にわたる前記局所的な回転量とこれに対応する前記移動体の回転量とのデータを得ることを特徴とする請求項9に記載の露光方法。

20

【請求項11】

請求項5～8のいずれか一項に記載の計測方法を用いて前記反射面の形状を計測する工程と；

前記計測された反射面の形状と、前記反射面を用いて前記移動体の位置を計測する位置計測装置の計測結果とに基づいて前記移動体を移動して、前記移動体上に載置された感光物体に対してパターンを転写する工程と；を含む露光方法。

【請求項12】

請求項5～8のいずれか一項に記載の計測方法により、前記反射面の形状を計測する工程と；

30

前記反射面の形状の変化が所定量を超えているか否かを判断する工程と；

前記反射面の形状の変化が所定量を超えている場合には、警告を発する工程と；

前記警告に応じたメンテナンスが実行されるまで待機する工程と；

前記メンテナンス終了後、前記移動体を移動し、該移動体上に載置された感光物体に対してパターンを転写する工程と；を含む露光方法。

【請求項13】

前記計測する工程のうちの少なくとも一部は、前記移動体上に載置される感光物体の交換の際に行われることを特徴とする請求項9～12のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項14】

前記計測する工程のうちの少なくとも一部は、所定枚数おきの感光物体の交換の度に行なわれることを特徴とする請求項9～13のいずれか一項に記載の露光方法。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、計測方法及び露光方法に係り、更に詳しくは、2次元面内を移動可能な移動体に設けられた少なくとも1つの反射面の表面形状を計測する計測方法、及び該計測方法を用いた露光方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク

50

又はレチクル（以下「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の感光物体（以下、「ウエハ」と総称する）上に転写するステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）や、このステッパに改良を加えたステップ・アンド・スキャン方式の走査型投影露光装置（いわゆるスキャニング・ステッパ）などが主として用いられている。

【0003】

この種の露光装置においては、ウエハを保持して2次元面内を移動可能なウエハステージの位置計測には、例えば波長633nmで連続発振するHe-Neの周波数安定化レーザを光源とした光波干渉計（レーザ干渉計）が用いられている。

【0004】

レーザ干渉計は、その性質上、一次元の計測しかできないため、2次元の座標計測、例えばXY座標の計測を行う場合にはレーザ干渉計を2つ用意する必要がある。そして、ウエハステージに設けられた互いに直交する2つの反射面それぞれに対して2つのレーザ干渉計から垂直に測長ビームを照射し、各反射面の測長ビームの方向の基準点からの距離の変化を計測することで、ウエハステージの2次元の座標位置が求められる。

【0005】

通常、ウエハステージに固定されたX軸方向、Y軸方向にそれぞれ延びる平面鏡（移動鏡とも呼ばれる）の反射面が上記の反射面として用いられる。これらの平面鏡は、ウエハステージの必要移動ストロークに対応して、X軸方向及びY軸方向に長さが必要であり、ウエハステージの位置計測に用いられるものであることから、極めて高い平面度が要求される。

【0006】

しかるに、上記の平面鏡の反射面の平坦度を良好に確保するためには、精度の高い表面加工（鏡面加工）が必要不可欠であり、製作コストが非常に高くなっていた。また、仮に、平坦度の良好な平面鏡を製作しても、これをウエハステージに固定するとき歪みが発生したり、固定後の経時変化により歪みが発生したりすることがあった。さらに、露光装置に要求される露光精度が高くなるにつれ、従来問題とならなかった程度の反射面の表面形状の凹凸が無視できなくなり、近年の露光装置に要求される重ね合わせ精度、アライメント精度などを考慮した場合に、その要求精度を満足するレベルの平坦度を有する平面鏡を製作することは極めて困難となっていた。

【0007】

そこで、平面鏡の反射面の形状を計測し、その計測結果を用いて平面鏡の反射面形状に起因するレーザ干渉計の計測誤差を補正しようとの観点から、出願人は、4軸干渉計によって移動鏡の局所的な傾きを測定し、それを積算して移動鏡の反射面の形状を求める方法を先に提案した（例えば、特許文献1参照）。

【0008】

【特許文献1】

特許第3295846号公報

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記特許文献1に記載の方法では、ウエハステージを一方向に所定間隔でステップ移動して移動位置（計測ポイント）毎に、反射面の表面形状を算出するためのデータを取得するという計測方法を採用していたことから、各計測ポイントに対する移動のため、その前後のステップ移動時に加速時間及び減速時間をそれぞれとる必要があるが、これが計測時間を長くする結果を招き、必ずしも満足できるものでないことが、その後判明した。また、計測誤差を抑制するためには、各計測ポイントで位置決めが安定するまで待つ必要があることも判明した。このような理由により、移動鏡の表面形状の計測がスループットを低下させる要因となっていた。また、移動鏡の一端部近傍において、計測誤差が相当大きくなることも判明した。

【0010】

さらに、上述の如く、その計測に長時間を要することから、通常の露光処理動作中には、移動鏡の形状計測を行うことができず、定期的に露光処理動作を停止して、その計測動作を実行する必要があった。この点においても、露光装置のスループットを低下させる要因となっていた。

【 0 0 1 1 】

本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第 1 の目的は、移動体に設けられた反射面の表面形状の計測能力を向上させることが可能な計測方法を提供することにある。

【 0 0 1 2 】

本発明の第 2 の目的は、移動体の他の動作のスループットを低下させることなく、移動体に設けられた反射面の表面形状の計測を実行することが可能な計測方法を提供することにある。 10

【 0 0 1 3 】

また、本発明の第 3 の目的は、最終製品であるデバイスの生産性を向上させることが可能な露光方法を提供することにある。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 に記載の発明は、2 次元面内を移動可能な移動体 (W S T) に設けられた少なくとも 1 つの反射面の表面形状を計測する計測方法であって、前記 2 次元面内で前記反射面にほぼ平行な所定軸方向に前記移動体を移動している間に前記反射面の局所的な回転量と前記移動体の回転量とを同時に測定する工程と；前記移動体がほぼ等速で移動しているときに測定された前記反射面の局所的な回転量とこれに対応する移動体の回転量のみを用いて、前記反射面の形状を算出する工程と；を含む計測方法である。 20

【 0 0 1 5 】

これによれば、2 次元面内で反射面にほぼ平行な所定軸方向に移動体を移動している間に前記反射面の局所的な回転量と移動体の回転量とを同時に測定し、移動体がほぼ等速で移動しているときに測定された反射面の局所的な回転量とこれに対応する移動体の回転量のみを用いて、前記反射面の形状を算出するので、移動体の加減速に起因する反射面の変形の影響を受けることなく、反射面の表面形状を精度良く、計測することが可能となる。また、移動体を所定間隔で位置決めして位置決めの都度、反射面の局所的な回転量と移動体の回転量を計測する、上記特許文献 1 に記載の方法と異なり、前記の同時測定の開始から終了までの間、移動体の位置決め及びその位置決めの前後での加減速時間が不要となるので、結果的に計測時間の短縮が可能となる。従って、本発明によると、移動体に設けられた反射面の表面形状の計測を短時間でかつ高精度に行うことが可能となり、反射面の表面形状の計測能力を時間的な面で向上させることができる。また、上記の加減速時間が不要なことから、前記反射面の局所的な回転量と移動体の回転量との同時測定を、前述の特許文献 1 に記載の発明などに比べて頻繁に行うことが可能となり、より細かなデータの収集が可能となり、この点において計測精度を向上させることも可能となる。 30

【 0 0 1 6 】

この場合において、前記測定する工程は、前記所定軸方向の一侧から他側へ前記移動体を移動している間に前記反射面の局所的な回転量と前記移動体の回転量とを同時に測定する第 1 測定工程と；前記所定軸方向の他側から一侧へ前記移動体を移動している間に前記反射面の局所的な回転量と前記移動体の回転量とを同時に測定する第 2 測定工程と；を含み、前記算出する工程では、前記第 1 測定工程の測定結果から得られる前記反射面の部分的な第 1 傾斜データと、該第 1 傾斜データに対応する前記第 2 測定工程の測定結果から得られる前記反射面の部分的な第 2 傾斜データとに基づいて（例えば、第 1 及び第 2 傾斜データの平均値などに基づいて）前記反射面の形状を算出することとすることができる。 40

【 0 0 1 7 】

請求項 3 に記載の発明は、2 次元面内を移動可能な移動体 (W S T) に設けられた少なくとも 1 つの反射面の形状を計測する計測方法であって、前記 2 次元面内で前記反射面にほぼ平行な所定軸方向の一侧から他側へ前記移動体を移動している間に前記反射面の局所的 50

な回転量と前記移動体の回転量とを同時に測定する第1測定工程と；前記所定軸方向の他側から一側へ前記移動体を移動している間に前記反射面の局所的な回転量と前記移動体の回転量とを同時に測定する第2測定工程と；前記第1測定工程の測定結果から得られる前記反射面の部分的な第1傾斜データと、該第1傾斜データと対応する前記第2測定工程の測定結果から得られる前記反射面の部分的な第2傾斜データとに基づいて（例えば、第1及び第2傾斜データの平均値などに基づいて）前記反射面の形状を算出する工程と；を含む計測方法である。

#### 【 0 0 1 8 】

これによれば、2次元面内で前記反射面にほぼ平行な所定軸方向の一側から他側へ移動体を移動している間に反射面の局所的な回転量と移動体の回転量とを同時に測定し（第1測定工程）、所定軸方向の他側から一側へ前記移動体を移動している間に前記反射面の局所的な回転量と前記移動体の回転量とを同時に測定する（第2測定工程）。そして、第1測定工程の測定結果から得られる反射面の部分的な第1傾斜データと、該第1傾斜データに対応する第2測定工程の測定結果から得られる反射面の部分的な第2傾斜データとに基づいて（例えば、第1及び第2傾斜データの平均値などに基づいて）反射面の形状を算出する。ここで、第1測定工程及び第2測定工程のいずれにおいても、反射面の局所的な回転量と移動体の回転量とから導き出される反射面の傾きを積算して反射面の表面形状を導き出す手法を採用することができるが、かかる手法を採用した場合、傾きの積算と同時に傾きに含まれる誤差（計測上の誤差、計算上の誤差を含む）も積算されるため、所定軸方向の一側から他側へ移動体を移動している間に得られた傾きデータのみを用いて積算を行う場合には、積算（演算回数）が多くなる反射面の計測終了点側の端部に近づけば近づくほど表面形状に含まれる誤差が大きくなる。

#### 【 0 0 1 9 】

これに対し、本発明のように、第1測定工程の測定結果から得られる反射面の部分的な第1傾斜データと、該第1傾斜データと対応する第2測定工程の測定結果から得られる反射面の部分的な第2傾斜データとに基づいて反射面の形状を算出する場合には、上記の積算に伴う誤差が全体として平均化される結果として誤差の影響が緩和され、より高精度な反射面の表面形状の算出を行うことが可能となり、反射面の表面形状の計測能力を精度面で向上させることができる。

#### 【 0 0 2 0 】

上記請求項1～3に記載の各計測方法において、反射面の局所的な回転量は、種々の機構を用いて測定することができるが、請求項4に記載の計測方法の如く、前記反射面の局所的な回転量は、光波干渉計（ $X I$ 、 $X \theta I$ 、 $Y I$ 、 $Y \theta I$ ）により測定されることとすることができる。

#### 【 0 0 2 1 】

請求項5に記載の発明は、2次元面内を移動可能な移動体（ $W S T$ ）に設けられた少なくとも1つの反射面の形状を計測する計測方法であって、前記2次元面内で前記反射面にほぼ平行な所定軸方向に前記移動体を移動する間に、前記反射面の一部の局所的な回転量と前記移動体の回転量とを同時に測定する工程を、複数回行って前記反射面の前記所定軸方向のほぼ全長にわたる前記局所的な回転量とこれに対応する前記移動体の回転量とのデータを収集する工程と；前記収集する工程で収集されたデータに基づいて、前記反射面の形状を算出する工程と；を含む計測方法である。

#### 【 0 0 2 2 】

これによれば、2次元面内で反射面にほぼ平行な所定軸方向に移動体を移動する間に、反射面の一部の局所的な回転量と移動体の回転量とを同時に測定し、これを複数回行うことで反射面の所定軸方向のほぼ全長にわたる局所的な回転量とこれに対応する移動体の回転量とのデータを収集する。そして、収集されたデータに基づいて、反射面の形状を算出する。このようにすることで、移動体を反射面に平行な所定軸方向に移動する間に、反射面の一部の局所的な回転量と移動体の回転量とを同時に測定するのを、連続的あるいは離散的に行うことによってデータが収集されるので、データの測定のための時間を他の動作と

並行して、あるいは他の動作の合間に行うことができ、他の動作の進行を妨げることがない。従って、他の動作のスループットを低下させることがなく、移動体に設けられた反射面の表面形状の計測を実行することが可能となる。

【0023】

この場合において、請求項6に記載の計測方法の如く、前記収集する工程と、算出する工程とを繰り返し、前記算出する工程で前記反射面の形状が算出される度に、前記反射面の形状データを更新する工程を更に含むこととすることができる。

【0024】

上記請求項5及び6に記載の各計測方法において、請求項7に記載の計測方法の如く、前記収集する工程は、前記所定軸方向の一侧から他側へ前記移動体を移動している間に、前記反射面の前記所定軸方向のほぼ全長にわたる前記局所的な回転量とこれに対応する前記移動体の回転量とのデータを収集する第1収集工程と、前記所定軸方向の他側から一侧へ前記移動体を移動している間に、前記反射面の前記所定軸方向のほぼ全長にわたる前記局所的な回転量とこれに対応する前記移動体の回転量とのデータを収集する第2収集工程とを含み、前記算出する工程では、前記第1収集工程で収集されたデータから得られる前記反射面の部分的な第1傾斜データと、該第1傾斜データと対応する前記第2収集工程で収集されたデータから得られる前記反射面の部分的な第2傾斜データとに基づいて（例えば、第1及び第2傾斜データの平均値などに基づいて）前記反射面の形状を算出することとすることができる。

【0025】

上記請求項5～7に記載の各計測方法において、請求項8に記載の計測方法の如く、前記反射面の局所的な回転量は、光波干渉計（ $XI$ 、 $X\theta I$ 、 $YI$ 、 $Y\theta I$ ）により測定されることとすることができる。

【0026】

請求項9に記載の発明は、請求項1～4のいずれか一項に記載の計測方法を用いて前記反射面の形状を計測する工程と；前記計測された反射面の形状と、前記反射面を用いて前記移動体の位置を計測する位置計測装置（ $XI$ 、 $X\theta I$ 、 $YI$ 、 $Y\theta I$ ）の計測結果とに基づいて前記移動体を移動して、前記移動体上に載置された感光物体（ $WST$ ）に対してパターンを転写する工程と；を含む露光方法である。

【0027】

これによれば、請求項1～4のいずれか一項に記載の高精度な反射面の形状の計測が行われ、計測された反射面の形状と、反射面を用いて移動体の位置を計測する位置計測装置の計測結果とに基づいて、移動体を移動し、移動体上に載置された感光物体に対してパターンを転写する。従って、位置計測装置の計測結果を計測された反射面の表面形状に応じて補正等することにより、理想的な反射面を用いた場合と同様の精度が得られ、露光の際（パターンの転写の際）の移動体の高精度な位置制御が実現される。これにより、重ね合わせ精度の良好なパターンの転写を行うことが可能となり、最終製品であるデバイスの生産性を向上させることが可能となる。

【0028】

この場合において、請求項10に記載の露光方法の如く、前記計測する工程では、前記反射面の一部の局所的な回転量と前記移動体の回転量との同時測定を、複数回行って前記反射面の前記所定軸方向のほぼ全長にわたる前記局所的な回転量とこれに対応する前記移動体の回転量とのデータを得ることとすることができる。

【0029】

請求項11に記載の発明は、請求項5～8のいずれか一項に記載の計測方法を用いて前記反射面の形状を計測する工程と；前記計測された反射面の形状と、前記反射面を用いて前記移動体の位置を計測する位置計測装置の計測結果とに基づいて前記移動体を移動して、前記移動体上に載置された感光物体に対してパターンを転写する工程と；を含む露光方法である。

【0030】

10

20

30

40

50



これによれば、請求項 5 ～ 8 のいずれか一項に記載の高精度な反射面の形状の計測が行われ、計測された反射面の形状と、反射面を用いて移動体の位置を計測する位置計測装置の計測結果とに基づいて、移動体を移動し、移動体上に載置された感光物体に対してパターンを転写する。従って、位置計測装置の計測結果を前記計測された反射面の表面形状に応じて補正等することにより、理想的な反射面を用いた場合と同様の精度が得られ、移動体の高精度な位置制御が実現される。これにより、重ね合わせ精度の高い高精度なパターンの転写を行うことが可能となる。また、この場合、前述の反射面の形状の計測を、移動体の他の動作、例えば露光処理工程における動作のスループットを低下させることなく実行することができる。従って、最終製品であるデバイスの生産性を向上させることが可能となる。

10

## 【 0 0 3 1 】

請求項 1 2 に記載の発明は、請求項 5 ～ 8 のいずれか一項に記載の計測方法により、前記反射面の形状を計測する工程と；前記反射面の形状の変化が所定量を超えているか否かを判断する工程と；前記反射面の形状の変化が所定量を超えている場合には、警告を発する工程と；前記警告に応じたメンテナンスが実行されるまで待機する工程と；前記メンテナンス終了後、前記移動体を移動し、該移動体上に載置された感光物体に対してパターンを転写する工程と；を含む露光方法である。

## 【 0 0 3 2 】

これによれば、請求項 5 ～ 8 のいずれか一項に記載の計測方法により反射面の形状を計測するとともに、反射面の形状の変化が所定量を超えているか否かを判断する。そして、前記所定量を超えている場合には、警告を発しメンテナンスが実行されるまで待機する。その後、メンテナンスが終了した段階で、移動体を移動して、該移動体上に載置された感光物体に対してパターンを転写する。このため、パターンを精度良く感光物体上に転写することが可能となる。また、この場合、前述の反射面の形状の計測を、移動体の他の動作、例えば露光処理工程における動作のスループットを低下させることなく実行することができる。従って、露光装置のスループットを維持しつつ、高精度なパターンの転写ができるので、最終製品であるデバイスの生産性を向上することが可能である。

20

## 【 0 0 3 3 】

上記請求項 9 ～ 1 3 に記載の各露光方法において、前記計測する工程は、様々なタイミングで行うことができるが、請求項 1 4 に記載の露光方法の如く、前記計測する工程のうちの一部（例えばデータの計測など）又は全部は、前記移動体上に載置される感光物体の交換の際に行われることとすることができる。

30

## 【 0 0 3 4 】

上記請求項 9 ～ 1 4 に記載の各露光方法において、請求項 1 5 に記載の露光方法の如く、前記計測する工程のうち少なくとも一部は、所定枚数おきの感光物体の交換の度に行なわれることとすることができる。

## 【 0 0 3 5 】

## 【 発明の実施の形態 】

## 《 第 1 の実施形態 》

以下、本発明の第 1 の実施形態を図 1 ～ 図 4 （ B ）に基づいて説明する。

40

## 【 0 0 3 6 】

図 1 には、第 1 の実施形態に係る露光装置 1 0 0 の概略構成が斜視図にて示されている。この露光装置 1 0 0 は、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（いわゆるスキヤニング・ステッパ）である。この露光装置 1 0 0 は、照明系 1 0、マスクとしてのレチクル R を保持するレチクルステージ R S T、投影光学系 P L、感光物体としてのウエハ W が搭載される移動体としてのウエハステージ W S T、及びこれらの制御系等を備えている。

## 【 0 0 3 7 】

前記照明系 1 0 は、図 1 では、その一部のみしか図示されていないが、実際には、光源、及び照明光学系を含み、その内部に配置された視野絞り（マスキングブレード又はレチク

50

ルブラインドとも呼ばれる)で規定される矩形又は円弧状の照明領域 I A R に照明光 I L を照射し、回路パターンが形成されたレチクル R を均一な照度で照明する。照明系 10 と同様の照明系は、例えば特開平 6 - 3 4 9 7 0 1 号公報などに開示されている。ここで、照明光 I L としては、K r F エキシマレーザ光 (波長 2 4 8 n m) などの遠紫外光、A r F エキシマレーザ光 (波長 1 9 3 n m) 、あるいは F<sub>2</sub> レーザ光 (波長 1 5 7 n m) などの真空紫外光などが用いられる。照明光 I L として、超高圧水銀ランプからの紫外域の輝線 (g 線、i 線等) を用いることも可能である。

#### 【 0 0 3 8 】

前記レチクルステージ R S T 上には、レチクル R が、例えば真空吸着又は静電吸着などにより固定されている。レチクルステージ R S T は、例えばリニアモータ及びボイスコイルモータ等を含む不図示のレチクルステージ駆動部によって、照明系 10 の光軸 (後述する投影光学系 P L の光軸 A X に一致) に垂直な X Y 平面内で微少駆動可能 (Z 軸回りの回転 (θ<sub>z</sub> 回転) を含む) であるとともに、所定の走査方向 (ここでは Y 軸方向とする) に指定された走査速度で駆動可能となっている。

#### 【 0 0 3 9 】

レチクルステージ R S T の X Y 面内の位置 (θ<sub>z</sub> 回転を含む) は、該レチクルステージ R S T の + X 側、+ Y 側にそれぞれ形成された (あるいは固定された) 反射面にレーザビームを照射する X 軸レチクルレーザ干渉計 4 4 X 及び Y 軸レーザ干渉計 4 4 Y によって、例えば 0 . 5 ~ 1 n m 程度の分解能で常時検出される。以下においては、これらのレーザ干渉計を纏めて、レチクル干渉計 R I と呼ぶものとする。

#### 【 0 0 4 0 】

レチクル干渉計 R I からのレチクルステージ R S T の位置情報は主制御装置 5 0 に供給される。主制御装置 5 0 は、レチクルステージ R S T の位置情報に基づいて不図示のレチクルステージ駆動部を介してレチクルステージ R S T を駆動制御する。

#### 【 0 0 4 1 】

前記投影光学系 P L は、レチクルステージ R S T の図 1 における下方に配置され、その光軸 A X の方向が Z 軸方向とされている。投影光学系 P L としては、例えば両側テレセントリックで所定の投影倍率 (例えば 1 / 5 又は 1 / 4) を有する屈折光学系が使用されている。このため、照明系 10 からの照明光 I L によってレチクル R が照明されると、このレチクル R を通過した照明光 I L により、投影光学系 P L を介してその照明領域 I A R 内のレチクル R の回路パターンの縮小像 (部分倒立像) が表面にレジスト (感光剤) が塗布されたウエハ W 上の前記照明領域に共役な照明光 I L の照射領域 (露光領域) に形成される。

#### 【 0 0 4 2 】

投影光学系 P L の + X 側近傍には、アライメント検出系 A S が配設されている。このアライメント検出系 A S は、オフアクシス (o f f - a x i s) 方式のマーク検出系である。このアライメント検出系 A S としては、本実施形態では、画像処理方式の結像式アライメントセンサの一種である F I A (F i e l d I m a g e A l i g n m e n t) 系のアライメントセンサが用いられている。このアライメント検出系 A S は、光源 (例えばハロゲンランプ) 及び結像光学系、検出基準となる指標マークが形成された指標板、及び撮像素子 (C C D) 等を含んで構成されている。そして、アライメント検出系 A S では、光源からのブロードバンド (広帯域) 光により検出対象であるマークを照明し、このマーク近傍からの反射光を結像光学系を介して指標からの光とともに C C D で受光する。このとき、マークの像が指標の像とともに C C D の撮像面に結像される。そして、C C D からの画像信号 (撮像信号) に所定の信号処理を施すことにより、検出基準点である指標マークの中心を基準とするマークの位置を計測する。

#### 【 0 0 4 3 】

なお、F I A 系に限らず、コヒーレントな検出光を対象マークに照射し、その対象マークから発生する散乱光又は回折光を検出したり、その対象マークから発生する 2 つの回折光 (例えば同次数) を干渉させて検出したりするアライメントセンサを単独であるいは適宜

組み合わせて用いることは勿論可能である。

【 0 0 4 4 】

前記ウエハステージ W S T は、投影光学系 P L の下方で不図示のベースの上方に配置され、リニアモータ等を含む不図示のウエハ駆動部によって、X Y 面内 ( $\theta_z$  回転を含む) で自在に駆動される。また、ウエハステージ W S T は、ウエハ駆動部を構成するアクチュエータによって、Z 軸方向、及び X Y 面に対する傾斜方向 (X 軸回りの回転方向 ( $\theta_x$  方向) 及び Y 軸回りの回転方向 ( $\theta_y$  方向)) へ微小駆動される。なお、ウエハ駆動部は Z 軸方向及び X Y 平面に対する傾斜方向に加えて、ウエハステージ W S T を X Y 面内で微小駆動するアクチュエータを備えていても良い。

【 0 0 4 5 】

ウエハステージ W S T の上面には、不図示のウエハホルダを介してウエハ W が真空吸着等により保持されている。また、ウエハステージ W S T の上面には、アライメント検出系 A S のベースライン計測に用いられる基準マークその他の基準マークが形成された基準マーク板 F M が固定されている。この基準マーク板 F M はその表面がウエハ W とほぼ同一高さとなされている。

【 0 0 4 6 】

更に、ウエハステージ W S T の - X 側端部及び + Y 側端部それぞれには、Y 軸方向に延びる反射面を有する移動鏡 (平面鏡) M X と、X 軸方向に延びる反射面を有する移動鏡 (平面鏡) M Y がそれぞれ固設されている。移動鏡 M X の反射面には、X 軸方向の位置 (距離変化) を検出する干渉計 X I からの測長軸 B X で示される測長ビームが垂直に投射され、移動鏡 M Y の反射面には Y 軸方向の位置を検出する干渉計 Y I からの測長軸 B Y で示される測長ビームが垂直に投射される。測長軸 B X は X 軸と平行であり、測長軸 B Y は Y 軸と平行であり、これら両者は、投影光学系 P L の光軸 A X で直交する (あるいは垂直に交差する) ようになっている。

【 0 0 4 7 】

更に、一方の移動鏡 M X の反射面には、X 軸  $\theta$  干渉計 X  $\theta$  I から Y 軸方向に所定間隔隔てた X 軸方向に平行な 2 本のビーム B X  $\theta$  1、B X  $\theta$  2 がそれぞれ垂直に投射され、X 軸  $\theta$  干渉計 X  $\theta$  I はそれらの反射光を受光してビーム B X  $\theta$  1、B X  $\theta$  2 相互の光路差を計測する。更に、 $\theta$  干渉計 X  $\theta$  I は、2 本のビーム B X  $\theta$  1、B X  $\theta$  2 の Y 軸方向の間隔で規定された範囲で移動鏡 M X の回転量を計測する。

【 0 0 4 8 】

他方の移動鏡 M Y の反射面には、Y 軸  $\theta$  干渉計 Y  $\theta$  I から X 軸方向に所定間隔隔てた Y 軸方向に平行な 2 本のビーム B Y  $\theta$  1、B Y  $\theta$  2 が垂直に投射され、Y 軸  $\theta$  干渉計 Y  $\theta$  I はビーム B Y  $\theta$  1、B Y  $\theta$  2 相互の光路差を計測する。更に、 $\theta$  干渉計 Y  $\theta$  I は、2 本のビーム B Y  $\theta$  1、B Y  $\theta$  2 の X 軸方向の間隔で規定された範囲で移動鏡 M Y の回転量を計測する。

【 0 0 4 9 】

図 2 (A) には、前記干渉計 X I の構成の一例を Y 軸方向から見た図が示されている。干渉計 X I は、不図示の光源、該光源から射出されるレーザビーム 1 X の光路上に配置された偏光ビームスプリッタ 2 X、該ビームスプリッタ 2 X の + Z 側に X Y 面に対して  $45^\circ$  の傾斜角で斜設されたミラー 6 X、該ミラー 6 X の + X 側に配置された  $1/4$  波長板 (以下「 $\lambda/4$  板」と呼ぶ) 3 B、前記ビームスプリッタ 2 X の + X 側に配置された  $\lambda/4$  板 3 A、ビームスプリッタ 2 X の - Z 側に配置されたコーナーキューブ 5 X、及びビームスプリッタ 2 X の - X 側に配置されたレシーバ 10 X 等を備えている。

【 0 0 5 0 】

この干渉計 X I によると、不図示の光源から射出された周波数差を有するとともに、互いに直交した偏光成分 (P 偏光成分と S 偏光成分) を含む H e - N e レーザビーム 1 X は、偏光ビームスプリッタ 2 X に入射し、ここで偏光方向によって移動鏡 M X へ向かうビーム (すなわち、前述の測長軸 B X で示される測長ビーム) B X と、ミラー 6 X を介して投影光学系 P L の鏡筒 8 に固定された参照鏡 (固定鏡) 7 X へ向うビーム (以下、「参照ビ

10

20

30

40

50

ム」と呼ぶ)  $BX_r$  とに分けられる。ビームスプリッタ 2 X で反射された参照ビーム  $BX_r$  (S 偏光) は、ミラー 6 X で反射され、 $\lambda/4$  板 3 B を通過して円偏光となって参照鏡 7 X の下半分に投射される。この参照ビーム  $BX_r$  (円偏光) は、参照鏡 7 X で反射され、元の光路を逆向きに戻る。このとき、参照鏡 7 X で反射された反射ビームは  $\lambda/4$  板 3 B を再度通過することによって入射光 (送り光) と直交した偏光方向の P 偏光に変換され、ミラー 6 X で反射された後、偏光ビームスプリッタ 2 X を透過してコーナーキューブ 5 X に至る。この参照ビーム  $BX_r$  (P 偏光) は、コーナーキューブ 5 X の反射面で反射されて逆向きに折り返され、再びビームスプリッタ 2 X を透過 (通過) し、さらにミラー 6 X、 $\lambda/4$  板 3 B を順次通過し、この際に円偏光に変換されて参照鏡 7 X の上半分に達する。この参照鏡 7 X で反射された参照ビーム  $BX_r$  (円偏光) は、 $\lambda/4$  板 3 B を再度通過する際に S 偏光に変換され、ミラー 6 X、偏光ビームスプリッタ 2 X で順次反射され、レシーバ 10 X に入射する。

【 0 0 5 1 】

一方、ビームスプリッタ 2 X を透過した測長ビーム  $BX$  (P 偏光) は、 $\lambda/4$  板 3 A を通過して円偏光に変換された後、移動鏡 M X の下半分に投射される。この移動鏡 M X で反射された測長ビーム  $BX$  (円偏光) は、 $\lambda/4$  板 3 A を通過して S 偏光に変換され、ビームスプリッタ 2 X で下方に反射され、コーナーキューブ 5 X の反射面で反射されて逆向きに折り返され、再びビームスプリッタ 2 X で反射されて、 $\lambda/4$  板 3 A を通過して円偏光に変換され、移動鏡 M X の上半分に投射される。この移動鏡 M X で反射された測長ビーム  $BX$  (円偏光) は、 $\lambda/4$  板 3 A を通過して P 偏光に変換され、ビームスプリッタ 2 X を通過して前述した参照ビーム  $BX_r$  (S 偏光) と同軸に合成されてレシーバ 10 X に入射する。レシーバ 10 X は、移動鏡 M X からの反射ビーム (測長ビーム  $BX$  (P 偏光)) と、参照鏡 7 X からの反射ビーム (参照ビーム  $BX_r$  (S 偏光)) とを、偏光方向を合わせて互いに干渉させ、それらの反射ビーム (光源から射出されたレーザビーム 1 X に含まれる周波数差を有する互いに直交した偏光成分と実質的に同一のビーム) の周波数差を利用して、ヘテロダイン方式で 2 つの光路 (測長ビーム  $BX$  の光路と参照ビーム  $BX_r$  の光路) の光路長の差 (光路差) を検出する。このような光路差の検出が、移動鏡 M X の X 軸方向の位置の変化に応じて行われることにより、結果的に測長ビーム  $BX$  の光路と参照ビーム  $BX_r$  の光路差の変化が検出されることになる。

【 0 0 5 2 】

図 1 に戻り、前記干渉計 Y I についても、上述した干渉計 X I と同様、ビームスプリッタ、ミラー、レシーバ、 $\lambda/4$  板等を含んで構成されている。なお、干渉計 Y I も、具体的には図 2 (A) で説明した干渉計 X I と同様の構成となっているので、具体的な構成についてはその説明を省略するものとする。

【 0 0 5 3 】

前記  $\theta$  干渉計 X  $\theta$  I は、図 2 (B) に示されるように、不図示の光源、該光源から射出されるレーザビーム 1 1 X の光路上に設けられた偏光ビームスプリッタ (以下、適宜「ビームスプリッタ」と略述する) 1 2 X、該ビームスプリッタ 1 2 X の + X 側に X Z 面に対して傾斜角  $45^\circ$  で斜設されたミラー 1 5 X、該ミラーの + Y 側にミラー 1 5 X と同様に斜設されたミラー 1 6 X、該ミラー 1 6 X の + X 側に配置された  $\lambda/4$  板 1 4 B、前記偏光ビームスプリッタ 1 2 X の - Y 側に前記ミラー 1 5 X の向きとは直交する向きで配置されたミラー 1 3 X、該ミラー 1 3 X の + X 側に配置された  $\lambda/4$  板 1 4 A、及び偏光ビームスプリッタ 1 2 X の + Y 側に配置されたレシーバ 1 7 X 等を備えている。

【 0 0 5 4 】

この  $\theta$  干渉計 X  $\theta$  I によると、不図示の光源から射出された周波数差を有するとともに、互いに直交した偏光成分 (P 偏光成分と S 偏光成分) を含む He-Ne レーザビーム 1 1 X は、ビームスプリッタ 1 2 X で反射又は透過することにより 2 つに分岐され、ビームスプリッタ 1 2 X で反射した S 偏光のビームはミラー 1 3 X で反射された後、 $\lambda/4$  板 1 4 A を介して円偏光のビーム  $BX_{\theta 1}$  となって移動鏡 M X の 1 点に対して垂直に投射される。ビームスプリッタ 1 2 X を透過した P 偏光のビームはミラー 1 5 X、1 6 X で順次反射

された後、 $\lambda/4$ 板 14 B を通過して円偏光のビーム  $BX\theta 2$  となって移動鏡 M X の別の点に対して垂直に投射される。ここでビーム  $BX\theta 1$  とビーム  $BX\theta 2$  は X 軸に対して平行であり、Y 軸方向の間隔は移動鏡 M X の反射面上で S X ( 10 mm ~ 数十 mm 程度 ) に設定されている。

【 0 0 5 5 】

移動鏡 M X で反射されたビーム  $BX\theta 1$  ( 円偏光 ) は、 $\lambda/4$ 板 14 A を再度通過して P 偏光のビームとなった後、ミラー 13 X で反射され、さらにビームスプリッタ 12 X を透過してレシーバ 17 X に入射する。一方、移動鏡 M X で反射されたビーム  $BX\theta 2$  ( 円偏光 ) は、 $\lambda/4$ 板 14 B を再度通過して S 偏光のビームとなった後、ミラー 16 X、15 X で順次反射され、ビームスプリッタ 12 X に至る。そして、このビーム ( S 偏光 ) は、  
偏光ビームスプリッタ 12 X で反射されて、前述の P 偏光のビームと同軸に合成されてレシーバ 17 X に入射する。 10

【 0 0 5 6 】

レシーバ 17 X は、入射したビーム  $BX\theta 1$  の反射ビーム ( P 偏光 ) と、ビーム  $BX\theta 2$  の反射ビーム ( S 偏光 ) とを、偏光方向を合わせて互いに干渉させ、それらの反射ビーム ( 光源から射出されたレーザビーム 11 X に含まれる周波数差を有する互いに直交した偏光成分と実質的に同一のビーム ) の周波数差を利用して、ヘテロダイン方式で 2 つの光路 ( ビーム  $BX\theta 1$  の光路とビーム  $BX\theta 2$  の光路 ) の光路長の差 ( 光路差 ) を検出する。このような光路差の検出が、移動鏡 M X の  $\theta z$  方向の姿勢の変化に応じて行われることにより、結果的にビーム  $BX\theta 1$  の光路とビーム  $BX\theta 2$  の光路差の変化が検出されること 20 になる。

【 0 0 5 7 】

なお、 $\theta$  干渉計  $X\theta I$  は上記説明では省略したが、実際には干渉計 X I 及び干渉計 Y I と同様に参照鏡 ( 固定鏡 ) を基準として、移動鏡 M X の 2 点での光路差を計測するようになっている。

【 0 0 5 8 】

図 1 に戻り、他方の  $\theta$  干渉計  $Y\theta I$  についても、ビームスプリッタ、ミラー、 $\lambda/4$ 板、レシーバ等を含んで構成されているが、上記  $\theta$  干渉計  $X\theta I$  と同様の構成であるので、その詳細な説明は省略するものとする。

【 0 0 5 9 】

なお、上記各干渉計の構成は一例であり、その他の構成を採用することも可能である。要は、2 本のビーム  $BX\theta 1$ 、 $BX\theta 2$  の光路差の変化量及び 2 本のビーム  $BY\theta 1$ 、 $BY\theta 2$  の光路差の変化量が求められれば良い。例えば、 $\theta$  干渉計  $X\theta I$ 、 $Y\theta I$  の代わりに、干渉計 X I 又は Y I と同一構成の一对の干渉計を、その測長軸が上記間隔だけ離れるように、移動鏡 M X、M Y にそれぞれ対応して配置し、それらの計測値と上記間隔とから移動鏡 M X、M Y の反射面の局所的な回転量とウエハステージ W S T の回転量 ( ヨーイング ) とを求めるようにしても良い。この場合、X 軸と Y 軸の各々で、その一对の干渉計のみを用いることとし、干渉計 X I、Y I を設けなくても良い。なお、前述の参照鏡 7 X などは必ずしも投影光学系 P L に設けなくても良いし、ウエハステージ W S T の X 軸回りの回転量 ( ピッチング量 ) や Y 軸回りの回転量 ( ローリング量 ) の計測に用いられる干渉計を 30 追加しても良い。

【 0 0 6 0 】

上述した干渉計 X I、Y I、 $X\theta I$ 、 $Y\theta I$  それぞれのレシーバからの計測信号 ( 検出信号 ) は、図 1 の主制御装置 50 に送られる。

【 0 0 6 1 】

本実施形態の露光装置 100 によると、通常のスキャニング・ステッパと同様に、レチクルアライメント及び前述したアライメント検出系 A S のベースライン計測、並びに E G A ( エンハンスト・グローバル・アライメント ) 方式等のウエハアライメントなどの所定の準備作業の後、レチクル干渉計 R I 及びウエハ干渉計 ( X I、 $X\theta I$ 、Y I、 $Y\theta I$  ) の計測値に基づいて、レチクルステージ R S T 及びウエハステージ W S T を移動しつつ、ス 50

テップ・アンド・スキャン方式の露光動作が行なわれ、ウエハW上の複数のショット領域にレチクルRの回路パターンが転写される。

【 0 0 6 2 】

そして、ウエハステージW S T上のウエハWに対する露光が終了した段階で、不図示のウエハ交換機構によりウエハステージW S T上で露光済みのウエハと次の露光対象であるウエハとの交換が行われる。このようにして、ウエハ交換→前述のウエハアライメントなど→ステップ・アンド・スキャン方式の露光が順次繰り返されることにより、多数枚のウエハに対する露光処理が行われる。

【 0 0 6 3 】

本実施形態の露光装置 1 0 0 では、所定枚数、例えば 1 ロット（ 1 ロットは例えば 2 5 枚又は 5 0 枚など）おきのウエハの交換の度に、すなわち 1 ロットの最終のウエハに対する露光が終了し、そのウエハと次のロットの先頭のウエハとの交換を行う際に、主制御装置 5 0 によってウエハステージW S T上の移動鏡 M X、M Yの反射面の表面形状の計測が行われるようになっている。

【 0 0 6 4 】

以下、この反射面の表面形状の計測方法について詳細に説明する。

【 0 0 6 5 】

図 3 には、ウエハステージW S T上のウエハに対する露光動作が終了したときの位置（露光終了位置）にあるウエハステージW S Tが符号 W S T<sub>E</sub>で示され、ウエハ交換が行われる位置（ウエハ交換位置）にあるウエハステージW S Tが符号 W S T<sub>L</sub>で示されている。以下では、説明の便宜上、露光終了位置を露光終了位置 W S T<sub>E</sub>と表記し、ウエハ交換位置をウエハ交換位置 W S T<sub>L</sub>と表記するものとする。

【 0 0 6 6 】

本実施形態の露光装置 1 0 0 では、前ロットの最終のウエハを次ロットの先頭のウエハに交換する場合（以下、「ロット先頭のウエハ交換時」と呼ぶ）以外のウエハ交換時には、通常と同様に、ウエハステージW S Tの露光終了位置 W S T<sub>E</sub>からウエハ交換位置 W S T<sub>L</sub>まで移動、及びウエハ交換位置 W S T<sub>L</sub>から露光開始位置までの移動は、ウエハステージW S Tの移動距離がほぼ最短となるような経路に沿って行われる。

【 0 0 6 7 】

一方、ロット先頭のウエハ交換時には、ウエハステージW S Tは、まず、主制御装置 5 0 により、図 4（A）に示されるように、露光終了位置 W S T<sub>E</sub>から符号 W S T<sub>M</sub>で示される中間位置（以下、中間位置 W S T<sub>M</sub>と表記する）に向けて X 軸方向に沿って移動される。そして、この移動の間に、主制御装置 5 0 により移動鏡 M Yの反射面の表面形状を算出するためのデータが取得される。

【 0 0 6 8 】

すなわち、主制御装置 5 0 は、干渉計 X I、Y Iの計測値をモニタしつつ、ウエハステージW S Tを、上述の如く、露光終了位置 W S T<sub>E</sub>から中間位置 W S T<sub>M</sub>まで - X 方向に移動する。この移動は、移動開始後の加速、等速移動、移動終了直前の減速の順で行われる。この場合の加速域、減速域は僅かであり、殆どが等速域である。

【 0 0 6 9 】

上記のウエハステージW S Tの移動中、主制御装置 5 0 は、干渉計 X Iの計測値の所定回数おきのサンプリングのタイミングに同期して、干渉計 Y  $\theta$  I 及び X  $\theta$  Iの計測値をサンプリングし、次のようにして、移動鏡 M Yの反射面の表面形状算出のための第 1 の凹凸量（第 1 傾斜データ）の算出を行う。

【 0 0 7 0 】

ここで、図 5 に基づき、移動鏡 M Yの反射面の第 1 の凹凸量の算出方法について説明する。

【 0 0 7 1 】

なお、前述したように、 $\theta$  干渉計は実際には固定鏡（前述の参照鏡）を基準にして移動鏡 M X、M Yの反射面の回転量を計測しているが、ここでは説明を簡単にするために、 $\theta$  干

渉計 Y θ I は図 5 に示されるように仮想的に固定された基準線 R Y を基準に移動鏡 M Y の局所的な回転量を検出するものとして説明を行う。

【 0 0 7 2 】

図 5 において、基準線 R Y と移動鏡 M Y の距離を Y a ( 干渉計 Y I で計測している値 ) とし、その位置での移動鏡 M Y の局所的な回転量 ( 傾斜角、曲り角 ) を  $\theta Y (x)$  とする。 $\theta$  干渉計 Y θ I は、基準線 R Y 上で X 軸方向に S Y だけ離れた 2 点で、移動鏡 M Y までの距離 Y θ 1 と Y θ 2 を計測し、両距離の差分 Y θ ( x ) を計測する。すなわち、次式 ( 1 ) で示される差分 Y θ ( x ) を計測する。

【 0 0 7 3 】

$$Y \theta (x) = Y \theta 2 - Y \theta 1 \quad \dots \dots (1)$$

10

【 0 0 7 4 】

ここで、主制御装置 5 0 は、移動鏡 M Y が X 軸方向の基準点 O x にあるとき、すなわち移動鏡 M Y の反射面上の固定された点 O に、干渉計 Y I の測長ビームが入射している時点から計測を開始しているものとする。なお、この時点は、ウエハステージ W S T が加速を終了した時点である。このとき、主制御装置 5 0 は、干渉計 Y I 及び  $\theta$  干渉計 X θ I の計測値をともに零リセットしているものとする。

【 0 0 7 5 】

図 5 の下半部には、このリセットの様子が視覚的に示されている。

【 0 0 7 6 】

この場合において、移動鏡の局所的な回転量 ( 傾斜角 )  $\theta Y (x)$  は多くとも 1 ~ 2 秒程 20 度の微小角であり、間隔 S Y は 1 0 mm から数十 mm であるので、角度  $\theta Y (x)$  は次式 ( 2 ) にて近似することが可能である。

【 0 0 7 7 】

$$\theta Y (x) = Y \theta (x) / S Y \quad \dots \dots (2)$$

【 0 0 7 8 】

一方、移動鏡 M Y の位置 O x における反射面の Y 座標値を基準 ( $\Delta Y (x) = 0$ ) とする凹凸量  $\Delta Y (x)$  は、基準点 O x を  $x = 0$  として、次式 ( 3 ) にて求めることができる。

【 0 0 7 9 】

【 数 1 】

30

$$\Delta Y(x) = \int_0^x \theta Y(x) dx \quad \dots \dots (3)$$

【 0 0 8 0 】

但し、実際には、移動中には、ウエハステージ W S T にヨーイングが発生し得るため、 $\Delta Y (x)$  は、移動鏡 M Y の反射面の傾斜による凹凸の他に、ヨーイング量による誤差分を含んでいる。従って、そのヨーイング量による誤差分を上式 ( 3 ) で求められる値から差し引く必要がある。

【 0 0 8 1 】

40

この場合、ウエハステージ W S T は X 軸方向に一次元移動するだけなので、 $\theta$  干渉計 X θ I の 2 本のビーム B X θ 1、B X θ 2 は移動鏡 M X の反射面上の実質的に同一の点にそれぞれ投射され続ける。この場合、 $\theta$  干渉計 X θ I の計測値は前述の如く基準点 O x でリセットされているので、位置 x での  $\theta$  干渉計 X θ I の値は、基準点 O x を基準としたウエハステージ W S T のヨーイング量 X θ ( x ) となる。

【 0 0 8 2 】

そこで、反射面の凹凸量  $\Delta Y (x)$  を算出するのに用いた  $\theta$  干渉計 Y θ I の計測値  $\theta Y (x)$  に対応する  $\theta$  干渉計 X θ I による計測値 X θ ( x ) を用いて、次式 ( 4 ) のような補正演算を行なうことにより、移動鏡 M Y の反射面の真の凹凸量 D Y 1 ( x ) を求める。

【 0 0 8 3 】

50



【数 2】

$$DY1(x) = \int_0^x \theta Y(x) dx - \int_0^x X \theta(x) dx \quad \dots\dots(4)$$

【 0 0 8 4 】

そこで、主制御装置 5 0 では、上式 ( 4 ) の演算を、データ  $\theta Y ( x )$  及び  $X \theta ( x )$  をサンプリングする毎に行い、各サンプリング点に対応する移動鏡 M Y の反射面の第 1 の凹凸量  $D Y 1 ( x )$  をメモリ内に格納する。 10

【 0 0 8 5 】

このとき、上式 ( 4 ) の演算の対象となる、最終のサンプリングデータは、 $x = L$  に対応するデータであるものとする。 $x = L$  となる時点は、ウエハステージ W S T が減速を開始した点に一致しているものとする。

【 0 0 8 6 】

次に、主制御装置 5 0 は、図 4 ( B ) に示されるように、干渉計 X I 、 Y I の計測値をモニタしつつ、ウエハステージ W S T を、中間位置  $W S T_M$  からウエハ交換位置  $W S T_L$  に向けて + Y 方向に移動する。この移動も、移動開始後の加速、等速移動、移動終了直前の減速の順で行われる。この場合の加速域、減速域は僅かであり、殆どが等速域である。

【 0 0 8 7 】

上記のウエハステージ W S T の移動中、主制御装置 5 0 は、干渉計 Y I の計測値の所定回数おきのサンプリングのタイミングに同期して、干渉計  $Y \theta I$  及び  $X \theta I$  の計測値を同時にサンプリングし、そのサンプリングの度に、前述と同様に、移動鏡 M X の反射面の第 1 の凹凸量 ( 第 1 傾斜データ ) の算出を行う。 20

【 0 0 8 8 】

すなわち、主制御装置 5 0 は、 $\theta$  干渉計  $X \theta I$  の計測値を  $X \theta ( y )$  、 $\theta$  干渉計  $X \theta I$  の 2 本のビームの間隔を  $S X$  ( 図 2 ( B ) 参照 ) として、反射面の局所的な回転量、すなわち傾斜角 ( 曲り角 )  $\theta X ( y )$  を次式 ( 5 ) に従って算出するとともに、 $\theta$  干渉計  $Y \theta I$  の計測値を  $Y \theta ( y )$  として、次式 ( 6 ) に基づいて、移動鏡 M X の反射面の第 1 の凹凸量  $D X 1 ( y )$  を求める。 30

【 0 0 8 9 】

$$\theta X ( y ) = X \theta ( y ) / S X \quad \dots\dots ( 5 )$$

【 0 0 9 0 】

【数 3】

$$DX1(y) = \int_0^y \theta X(y) dy - \int_0^y Y \theta(y) dy \quad \dots\dots(6)$$

【 0 0 9 1 】

以上のようにして、主制御装置 5 0 は、各サンプリング点に対応する移動鏡 M X の反射面の第 1 の凹凸量  $D X 1 ( y )$  を求め、メモリ内に格納する。 40

【 0 0 9 2 】

このとき、上式 ( 6 ) の演算の対象となる、最終のサンプリングデータは、 $y = L'$  に対応するデータであるものとする。 $y = L'$  となる時点は、ウエハステージ W S T が減速を開始した点に一致しているものとする。

【 0 0 9 3 】

その後、ウエハ交換位置  $W S T_L$  において、不図示のウエハ交換機構により、ウエハステージ W S T 上の前ロットの最終ウエハと次ロットの先頭のウエハとの交換が行われる。

【 0 0 9 4 】

ウエハ交換の終了後、主制御装置 5 0 は、ウエハステージ W S T を、次ロットの先頭のウ 50

エハに対する露光開始位置まで移動するが、その際に、上述した露光終了位置  $WST_E$  からウエハ交換位置  $WST_L$  への移動経路とは逆の経路を辿って、ウエハステージ  $WST$  を、露光終了位置  $WST_E$  に移動する。

【 0 0 9 5 】

すなわち、主制御装置 50 は、まず、ウエハステージ  $WST$  を、図 4 ( B ) とは反対の経路で、ウエハ交換位置  $WST_L$  から中間位置  $WST_M$  まで + Y 方向に移動し、この移動中における等速移動の間に計測されたデータのみを用いて、前述と同様の手順で、移動鏡  $MX$  の反射面の第 2 の傾斜データとしての第 2 の凹凸量  $DX2(y)$  を算出し、メモリに記憶する。この場合、移動鏡  $MX$  の反射面の第 2 の凹凸量  $DX2(y)$  は、次式 ( 7 ) に基づいて算出される。

10

【 0 0 9 6 】

【 数 4 】

$$DX2(y) = -\int_0^{L'-y} \theta X(L'-y) dy + \int_0^{L'-y} Y \theta(L'-y) dy \quad \dots(7)$$

【 0 0 9 7 】

次いで、主制御装置 50 は、図 4 ( A ) とは反対の経路で、ウエハステージ  $WST$  を中間位置  $WST_M$  から露光終了位置  $WST_E$  まで + X 方向に移動し、この移動中における等速移動の間に計測されたデータのみを用いて、前述と同様の手順で、移動鏡  $MY$  の反射面の第 2 の傾斜データとしての第 2 の凹凸量  $DY2(x)$  を算出し、メモリに記憶する。この場合、移動鏡  $MY$  の反射面の第 2 の凹凸量  $DY2(x)$  は、次式 ( 8 ) に基づいて算出される。

20

【 0 0 9 8 】

【 数 5 】

$$DY2(x) = -\int_0^{L-x} \theta Y(L-x) dx + \int_0^{L-x} X \theta(L-x) dx \quad \dots(8)$$

【 0 0 9 9 】

30

その後、主制御装置 50 は、ウエハ交換前のウエハステージの移動の際に算出された移動鏡  $MX$ 、 $MY$  の第 1 の凹凸量のデータ  $DX1(y)$ 、 $DY1(x)$  と、これに対応する、ウエハ交換後の移動の際に算出された移動鏡  $MX$ 、 $MY$  の第 2 の凹凸量のデータ  $DX2(y)$ 、 $DY2(x)$  を用いて、次式 ( 9 )、( 10 ) に基づいて、移動鏡  $MX$ 、 $MY$  の真の反射面の表面形状 ( 凹凸量 )  $DY(x)$ 、 $DX(y)$  を算出する。

【 0 1 0 0 】

$$DX(y) = (DX1(y) + DX2(y)) / 2 \quad \dots\dots(9)$$

$$DY(x) = (DY1(x) + DY2(x)) / 2 \quad \dots\dots(10)$$

【 0 1 0 1 】

上記のように移動鏡  $MX$ 、 $MY$  の反射面の第 1 の凹凸量 ( 第 1 傾斜データ、すなわち往路データ ) と第 2 の凹凸量 ( 第 2 傾斜データ、すなわち復路データ ) とを平均化することで、往路のみのデータを用いて反射面の表面形状 ( 凹凸量 ) を求める従来例に比べて、計測精度を格段に向上させることができる。すなわち、上述の如く、反射面の部分的な曲がり量 ( 傾斜角 ) を積算 ( 積分 ) することにより凹凸量を求めるという手法を採用した場合、往路のみのデータを用いる場合には、前述の式 ( 2 )、式 ( 5 ) の近似の際の誤差が積算される結果、反射面の端部近傍に近づくほど算出結果に大きな誤差が含まれるが、往路データと復路データとを平均することで、移動鏡のいずれの部分においても、その誤差を同程度の値にすることができ、その誤差の影響を緩和することができる。

40

【 0 1 0 2 】

具体的には、一方向への移動中 ( 等速移動中 ) に例えば  $N$  点で測定し、 $N$  個の局所的な回

50

転量（傾き角）のデータを積算する場合、その積算値に含まれる誤差は、一般に正規分布に従い、積算値の真の値からの乖離量（誤差）の大きさは、その標準偏差で表すことができる。1つ1つのデータに含まれる誤差の分布の分散を $\sigma^2$ とすると、 $m$ 点目（ $1 \leq m \leq N$ ）においては、積算値に含まれる誤差の分布の分散は、 $m\sigma^2$ となるので、標準偏差は $\sqrt{m} \cdot \sigma$ となる。すなわち、積算値には $\sqrt{m}$ に比例する誤差が含まれることとなる。従って、 $N$ 点目においては、 $\sqrt{N}$ に比例する誤差が含まれることとなる。

#### 【 0 1 0 3 】

これに対し、本実施形態のように、ウエハステージW S Tを往復して得られた往路データ及び復路データを平均化することにより、移動鏡の真の表面形状を算出すれば、端から $m$ 点目（ $1 \leq m \leq N$ ）の形状誤差は、 $(\sqrt{m} + \sqrt{(N - m + 1)} / 2)$ に比例するので、 $N$ 点目（反射面の一方の端部の計測点）では、形状誤差は、 $(\sqrt{N} + 1) / 2$ に比例する。従って、往路データのみを用いた場合（ $N$ 点目の誤差の比例定数 $\sqrt{N}$ ）と往復データを平均化した場合（比例定数 $(\sqrt{N} + 1) / 2$ ）との差は、 $(\sqrt{N} - 1) / 2$ となり、この値は $N$ が1より大きい整数の場合には常に正の値となるので、移動鏡の端部近傍における反射面の表面形状の計測誤差は、往路データのみを用いる場合に比べて明らかに小さくなり、その計測誤差が緩和されることとなる。

#### 【 0 1 0 4 】

本実施形態の露光装置100では、主制御装置50が、上述したような移動鏡M X、M Yの反射面の表面形状の計測を、ロット先頭のウエハの交換毎に行い、表面形状の計測結果を逐次更新する。

#### 【 0 1 0 5 】

そして、あるロットのウエハに対する露光処理動作中は、ウエハアライメント及び露光動作等のウエハステージW S Tの移動に際し、ウエハステージW S TのX軸方向の位置に応じて、Y軸干渉計Y Iの計測値を、そのロットの先頭で計測した（又は更新した）表面形状D Y（x）を用いて補正することとし、ウエハステージW S TのY軸方向の位置に応じて、X軸干渉計X Iの計測値を、そのロットの先頭で計測した（又は更新した）表面形状D X（y）を用いて補正する。

#### 【 0 1 0 6 】

以上詳細に説明したように、本実施形態の露光装置100の主制御装置50が実行する移動鏡（M X又はM Y）の反射面の表面形状の計測方法によると、X Y 2次元面内で移動鏡（M X又はM Y）の反射面にほぼ平行な所定軸（Y軸又はX軸）方向にウエハステージW S Tを移動している間に、反射面の局所的な回転量（傾き）とウエハステージW S Tの回転量（ヨーイング）とが同時に測定される。そして、ウエハステージW S Tがほぼ等速で移動しているときに測定された移動鏡の反射面の局所的な回転量とこれに対応するウエハステージW S Tの回転量のみを用いて、反射面の形状が算出される。従って、ウエハステージW S Tの加減速に起因する反射面の変形の影響を受けることなく、反射面の表面形状を計測することが可能である。この場合、ウエハステージの加速時や減速時などでは、反射面の局所的な回転量とウエハステージW S Tの回転量（ヨーイング）との同時測定は、行っても行わなくても良い。要は、反射面の表面形状の算出に、ウエハステージW S Tがほぼ等速で移動するときに測定されたデータのみが用いられれば良い。

#### 【 0 1 0 7 】

また、反射面の局所的な回転量（傾き）とウエハステージW S Tの回転量（ヨーイング）との同時測定を開始した後、測定終了までの間、ウエハステージW S Tの位置決め動作（停止動作）が不要となるので、その位置決めの前後での加減速時間が不要となり、その分、計測時間の短縮が可能である。

#### 【 0 1 0 8 】

また、本実施形態の露光装置100の主制御装置50が実行する移動鏡（M X又はM Y）の反射面の表面形状の計測方法によると、X Y 2次元面内で移動鏡（M X又はM Y）の反射面にほぼ平行な所定軸（Y軸又はX軸）方向の一侧から他側へウエハステージW S Tを移動している間に移動鏡の反射面の局所的な回転量とウエハステージの回転量（ヨーイン

グ) とが同時に測定され、所定軸方向の他側から一側へウエハステージ W S T を移動している間に移動鏡の反射面の局所的な回転量とウエハステージの回転量 (ヨーイング) とが同時に測定される。そして、一側から他側へウエハステージ W S T を移動する際に測定される測定結果から得られる反射面の部分的な傾斜データである第 1 の凹凸量 (往路データ  $D X 1 (y)$  ) 又は  $D Y 1 (x)$  ) と、該傾斜データに対応する他側から一側へウエハステージ W S T を移動する際に測定される測定結果から得られる反射面の部分的な傾斜データである第 1 の凹凸量 (復路データ  $D X 2 (y)$  )、 $D Y 2 (x)$  ) との平均値に基づいて反射面の形状が算出される。この結果、各凹凸量を算出する際に行われた前述の積算に伴う誤差が全体として平均化される結果として誤差の影響が緩和され、より高精度な反射面の表面形状の算出を行うことが可能となり、反射面の表面形状の計測能力を精度面で向上させることができる。 10

#### 【 0 1 0 9 】

また、本実施形態の露光装置 1 0 0 によると、前述の如くして高精度な移動鏡 M X、M Y の反射面の形状の計測が行われ、その計測された反射面の形状と、反射面を用いてウエハステージ W S T の位置を計測するレーザ干渉計 X I、Y I の計測結果とに基づいて、ウエハステージ W S T の位置を制御しつつ、ウエハステージ W S T 上に載置されたウエハ W 上の各ショット領域に対してレチクル R のパターンがステップ・アンド・スキャン方式で転写される。従って、理想的な (フラットな) 反射面を用いた場合と同様の精度が得られ、ウエハステージ W S T の高精度な位置制御が実現される。これにより、重ね合わせ精度の良好なパターンの転写を行うことが可能となり、最終製品であるデバイスの生産性を向上させることが可能となる。 20

#### 【 0 1 1 0 】

この場合において、上記の反射面の表面形状の計測結果に基づく、レーザ干渉計 X I、Y I の計測結果の補正は、露光時のみでなく、それに先立って行われるウエハアライメント時にも行われるので、ウエハアライメント精度の向上も可能である。

#### 【 0 1 1 1 】

また、本実施形態の露光装置 1 0 0 では、主制御装置 5 0 により、上記の移動鏡の表面形状の計測が、ロット先頭のウエハ交換の際に、ウエハステージの移動経路を通常と僅かに異ならせて行われるので、特にスループットを低下させることもないとともに、その表面形状の算出結果 (計測結果) に基づいて表面形状が逐次更新されるので、長期にわたり、ウエハステージ W S T の位置制御性を精度良く保つことができる。 30

#### 【 0 1 1 2 】

なお、上記実施形態では、移動鏡 M X、M Y の反射面の表面形状算出のための各データのサンプリングを、それぞれの往路、復路について、途中でウエハステージ W S T を停止させることなく、所定のサンプリング間隔で行う場合について説明したが、これに限らず、途中でウエハステージ W S T を停止させる動作が数回程度含まれていても良い。この場合、その停止位置を境界として複数区間に分け、区間毎にウエハステージ W S T の等速移動中に、反射面の局所的な回転量 (傾き) とウエハステージ W S T の回転量 (ヨーイング) との同時測定を所定のサンプリング間隔で行っても良い。かかる場合であっても、データのサンプリングをウエハステージ W S T の等速移動中に行うので、位置決めの整定を待つてデータの取り込みを行う場合に比べてその測定時間の短縮が可能である。 40

#### 【 0 1 1 3 】

また、上記実施形態では、反射面の局所的な回転量 (傾き) とウエハステージ W S T の回転量 (ヨーイング) との同時測定のみならず、その測定したデータを用いた前述の第 1 の凹凸量、第 2 の凹凸量の算出をも、ウエハステージ W S T の移動中に行うものとしたが、これに限らず、上記の同時測定のみをウエハステージ W S T の移動中に行い、その測定したデータ及びウエハステージ W S T の位置とを互いに関連づけてメモリ内に格納しておき、後で、往路、復路のそれぞれについて必要な演算を行っても良いし、あるいは、反射面の真の表面形状の算出に必要な往路復路のデータをメモリ内に蓄積した後、全ての演算を纏めて一度に行うようにしても良い。 50

## 【 0 1 1 4 】

なお、上記実施形態では、ウエハステージW S TをX軸方向およびY軸方向に関して往復移動しつつ、往路の計測データのうちのウエハステージW S Tが等速移動中にサンプリングされた測定データ及び復路の測定データのうちのウエハステージW S Tが等速移動中に測定された測定データを用いて反射面の表面形状（第1傾斜データ、第2傾斜データ）を算出し、それらのデータを平均化することで反射面の表面形状を算出するものとしたが、本発明がこれに限られるものではなく、例えば、ウエハステージの等速移動時以外（例えば加減速時）にサンプリングされたデータを用いても良い。かかる場合であっても、往路でサンプリングした測定データと復路でサンプリングした測定データを用いて、前述と同様にして反射面の表面形状を求めることにより、前述の平均化による誤差の影響の軽減は可能である。 10

## 【 0 1 1 5 】

また、上記実施形態では、往路と復路とでウエハステージW S Tの同一座標点で前述のデータ（反射面の局所的な回転量とウエハステージW S Tの回転量のデータ）のサンプリングが行われることを前提としたが、これは説明の複雑化を避ける観点からこのようにしてものであり、本発明がこれに限定されるものではない。すなわち、往路と復路とで、異なる座標点で反射面の局所的な回転量とウエハステージW S Tの回転量のサンプリングを行うことも可能である。この場合には、往路データと復路データとの平均化演算に先立って、各サンプリングデータを用いて算出した往路データ（第1の凹凸量）と復路データ（第2の凹凸量）の一方をウエハステージW S TのX座標、又はY座標を独立変数とする関数に近似し、その関数に他方のデータのサンプリングが行われた座標値を代入して、その点における凹凸量を求め、その値を用いて前述の平均化演算を行うようにしても良い。あるいは、サンプリング時の座標値が最も近い往路データ（第1の凹凸量）と復路データ（第2の凹凸量）とで平均化演算を行うようにしても良い。 20

## 【 0 1 1 6 】

また、上記実施形態では、ウエハステージW S TをX、Yの両軸方向に往復移動しつつ、移動鏡の反射面の表面形状を計測することとしたが、これに限らず、例えば、X軸方向（又はY軸方向）のみ往復移動して計測し、Y軸方向（又はX軸方向）は一側から他側にのみ移動して計測することとしても良い。更に、移動鏡の反射面の表面形状の計測に要する時間を短縮するという観点からは、X、Y軸のいずれに関しても一側から他側にのみ移動して計測することとしても良い。かかる場合であっても、ウエハステージW S Tのほぼ等速移動時にサンプリングした前述の各データを用いて移動鏡反射面の表面形状を算出することにより、ウエハステージW S Tの加減速に起因する反射面の変形の影響を受けることなく、反射面の表面形状を精度良く、計測することが可能である。また、上記の加減速時間が不要なことから、前記反射面の局所的な回転量とウエハステージW S Tの回転量との同時測定を、前述の特許文献1に記載の発明などに比べて頻繁に行うことが可能となり、より細かなデータの収集が可能となり、この点において計測精度を向上させることも可能である。 30

## 【 0 1 1 7 】

また、上記実施形態では、前ロットの最終ウエハの露光終了後、次ロットの先頭のウエハに交換する際に、移動鏡M X、M Yの反射面の表面形状の計測を行うこととしたが、これに限らず、ロットの途中のウエハ交換の際に、行っても良い。すなわち、ウエハ交換とは関係なく、ロット毎等の適宜な時に、ウエハステージW S TをX軸方向、又はY軸方向に等速で駆動して、上記実施形態と同様に、移動鏡M X、M Yの反射面の表面形状を計測することとしても良い。 40

## 【 0 1 1 8 】

なお、上記実施形態では、露光終了位置からX軸方向一側（-X側）への移動を開始したが、本発明がこれに限られるものではなく、露光終了位置から干渉計X  $\theta$  Iのビームが当たらなくなるぎりぎりの位置までX軸方向他側（+X側）へ移動した後に、計測のためのX軸方向一側（-X側）へのウエハステージW S Tの移動を開始しても良い。 50

【 0 1 1 9 】

## 《第 2 の実施形態》

次に、本発明の第 2 の実施形態について、図 6 に基づいて説明する。ここで、前述した第 1 の実施形態と同一若しくは同等の部分については、同一の符号を用いるとともにその説明を簡略にし、若しくは省略するものとする。この第 2 の実施形態の露光装置は、主制御装置 50 によって実行される、ウエハステージ W S T 上の移動鏡 M X, M Y の反射面の表面形状の計測方法及び計測のタイミングが前述した第 1 の実施形態の露光装置と異なるのみで、装置構成などは前述した第 1 の実施形態と同様である。従って、以下では重複説明を避ける観点から、相違点を中心として説明する。

【 0 1 2 0 】

10

図 6 には、ウエハステージ W S T の平面図が示されている。この図 6 に示されるように、ウエハステージ W S T 上に載置されたウエハ W 上には前層までの露光により N 個のショット領域  $S_i$  ( $i = 1 \sim N$ ) がマトリクス状に形成されている。

【 0 1 2 1 】

ウエハ W に対する第 2 層目以降の露光動作においては、ステップ・アンド・スキャン方式で露光が行われ、ショット領域  $S_1 \sim S_N$  に対して、レチクル R のパターンが重ね合わせて転写される。このステップ・アンド・スキャン方式での露光の際の投影光学系 P L の投影中心（光軸）のウエハ W に対する相対的な移動経路の一部が図 6 中のウエハ上に記載されている（図 6 の経路  $R_E$  参照）。なお、実際には、投影光学系 P L が固定で、ウエハステージ W S T が移動するのであるが、図示の便宜上、及び説明を分かり易くする観点から 20、図 6 においては投影光学系 P L が移動するかのよう図示されている。

【 0 1 2 2 】

この経路  $R_E$  においては、走査開始位置（加速開始位置） $P_A$  からウエハステージ W S T の + Y 方向の加速が開始され、ショット領域  $S_1$  に露光領域（前述の照明領域 I A R に共役な照明光 I L のウエハ上の照射領域）の前端が掛かる直前にウエハステージ W S T（及びレチクルステージ R S T）が等速移動状態となる。そして、等速移動中に露光が行われた後、露光領域の全体（後端）がショット領域から外れた段階で露光が終了するとともにウエハステージ W S T の減速が開始され、所定位置  $P_B$  にて停止する。なお、走査露光の開始直後及び終了直前ではそれぞれ露光領域の一部がショット領域から外れるが、実際には前述のレチクルブラインドなどによってショット領域の外側に照明光が照射されるのを 30 防止している。

【 0 1 2 3 】

その後、ウエハステージ W S T は、- X 方向へのステッピング動作を開始する。このステッピングにおいては、加速→等速→減速移動を行って、次のショット領域の露光のための走査開始位置（加速開始位置） $P_C$  まで移動し、停止する。これ以降は、上記と同様に経路  $R_E$  に沿ってウエハステージ W S T が移動され、露光動作とステッピング動作が繰り返され、ウエハ W 上のショット領域  $S_1 \sim S_N$  に対していわゆる完全交互スキャン方式でレチクル R のパターンが転写される。

【 0 1 2 4 】

ところで、本第 2 の実施形態の露光装置では、主制御装置 50 は、露光動作及びステッピ 40 ング動作におけるウエハステージ W S T の移動中に、上記第 1 の実施形態と同様の、移動鏡 M X, M Y の表面形状を算出するためのデータ（移動鏡の局所的な回転量及びウエハステージ W S T の回転量（ヨーイング））のサンプリングを行う。

【 0 1 2 5 】

すなわち、主制御装置 50 は、走査露光中にウエハステージ W S T の Y 軸方向の位置を計測する干渉計 Y I の計測値の所定回数おきのサンプリングのタイミングに同期して、移動鏡 M X の局所的な回転量を計測する干渉計 X  $\theta$  I 及びウエハステージ W S T の回転量（ヨーイング）を計測する干渉計 Y  $\theta$  I の計測値を、サンプリングするとともに、それらの計測値を相互にかつ、干渉計 Y I の計測値に対応付けてメモリに記憶する。

【 0 1 2 6 】

50

また、主制御装置 50 は、ステッピング動作中におけるウエハステージ W S T の等速移動中に、ウエハステージ W S T の X 軸方向の位置を計測する干渉計 X I の計測値の所定回数おきのサンプリングのタイミングに同期して、移動鏡 M Y の局所的な回転量を計測する干渉計 Y  $\theta$  I の計測値及びウエハステージの回転量（ヨーイング）を測定する干渉計 X  $\theta$  I の計測値を、サンプリングするとともに、それらの計測値を相互にかつ、干渉計 X I の計測値に対応付けてメモリに記憶する。

【 0 1 2 7 】

このような各データサンプリングを露光動作及びステッピング動作の度に繰り返し行い、移動鏡 M X、M Y のそれぞれについて、往路、復路のそれぞれで反射面の長手方向ほぼ全域にわたって、反射面の表面形状の算出に用いられるデータが収集できたときに、前述した式（４）、（６）、（７）、（８）にそれぞれ基づいて、反射面の表面形状をそれぞれ算出することとする。

【 0 1 2 8 】

ここで、各計測点について計測されるデータの数に差異が生ずることとなるが、このような場合には、最新のデータを用いることとしても良いし、平均値を用いても良い。

【 0 1 2 9 】

そして、主制御装置 50 は、前述の式（４）、（８）の演算をともに実行できた時点の後に、式（１０）の演算を実行して、移動鏡 M Y の反射面の表面形状を算出し、予めメモリ内に記憶されている表面形状データを更新する。また、前述の式（５）、（７）の演算をともに実行できた時点の後に、式（９）の演算を実行して、移動鏡 M X の反射面の表面形状を算出し、予めメモリ内に記憶されている表面形状データを更新する。

【 0 1 3 0 】

その後、主制御装置 50 は、次に更新が行われるまでの間、更新された反射面の表面形状に基づいて、ウエハステージ W S T の位置を管理する。

【 0 1 3 1 】

以上詳細に説明したように、本第 2 の実施形態の露光装置によると、主制御装置 50 は、ステップ・アンド・スキャン方式の露光処理に際して通常行われる、ウエハステージ W S T の X 軸方向への移動（ステッピング動作）及び Y 軸方向への移動（露光動作）中に、移動鏡 M X、M Y の反射面の一部の局所的な回転量とウエハステージ W S T の回転量との同時測定を、複数回行って反射面の X 軸方向（又は Y 軸方向）のほぼ全長にわたる局所的な回転量とこれに対応するウエハステージ W S T の回転量とのデータを収集する。そして、収集されたデータに基づいて、反射面の形状を算出するので、データ収集に要する時間を露光動作等とは別に設ける必要が無く、計測工程が露光工程の進行を妨げるのを抑制することができる。

【 0 1 3 2 】

また、本第 2 の実施形態では、基本的には前述した第 1 の実施形態と同様の手法により、移動鏡 M X、M Y の反射面の表面形状の計測が行われるので、反射面の形状を精度良く計測することができ、その計測された反射面の形状と、反射面を用いてウエハステージ W S T の位置を計測するレーザ干渉計 X I、Y I の計測結果とに基づいて、ウエハステージ W S T を移動し、ウエハステージ W S T 上のウエハに対してパターンが転写される。従って、理想的な反射面を用いた場合と同様の精度が得られ、移動体の高精度な位置制御が実現される。これにより、スループットを低下させることなく、重ね合わせ精度の良好なパターンの転写を行うことが可能となる。従って、最終製品であるデバイスの生産性を向上させることが可能となる。

【 0 1 3 3 】

また、本第 2 の実施形態では、露光処理シーケンスの途中であっても、移動鏡の反射面の表面形状の算出が行われる場合があり、このような場合には、表面形状が更新された直後から、干渉計の補正を該更新された表面形状に基づいて行うことができるので、ウエハ 1 枚を完全に無駄にすること等がなく、露光装置の歩留まりを向上することが可能である。

【 0 1 3 4 】



なお、上記第2の実施形態では、露光動作中及びステッピング動作中にデータの収集を行うこととしたが、本発明がこれに限られるものではなく、ウエハ交換時のウエハステージの移動中や、アライメントの際のステージの移動中など様々なタイミングで行うことが可能である。

【0135】

なお、上記第2の実施形態では、ショット領域間のステッピングをY軸方向に沿った方向の移動により行うこととしたが、これに限らず、露光中心がウエハW上にU字状の軌跡を描くような移動によりステッピングを行うこととしても良い。この場合に、U字状にステッピングすることで、X軸側の移動鏡MXの表面形状を頻繁に計測できない場合には、露光動作及びステッピング中には、Y軸側の移動鏡MYの表面形状のみを計測することとし、X軸側については別途計測時間をとるようにしても良い。または、ステッピング動作中（少なくとも加減速中）にはその表面形状の計測を行わなくても良い。

10

【0136】

また、上記第2の実施形態では、往路データと復路データが算出された段階で、それらの平均化をすることにより反射面の表面形状を算出し、主制御装置50のメモリに記憶された表面形状を更新することとしたが、これに限らず、往路データのみ、復路データのみが算出された段階で表面形状を更新することとしても良い。また、例えば往路データのみが算出された場合には、メモリに記憶されている反射面の表面形状を算出する際に用いた復路データを用いて、平均化処理を行うこととしても良く、更に、復路データのみが算出された場合にも、同様の処理を行うこととすれば良い。

20

【0137】

なお、上記各実施形態では、移動鏡MX、MYの反射面の表面形状に応じて、位置計測装置としての干渉計の計測値を補正するものとして説明したが、本発明がこれに限られるものではない。すなわち、例えば、上記各実施形態で説明した計測方法と同様の計測方法で移動鏡MX、MYの反射面の表面形状を計測し、該計測結果と、所定の閾値とを比較して、表面形状の計測結果が前記閾値を超えていた場合に、主制御装置50により、不図示の表示装置等を介して、ユーザ（オペレータ）にメンテナンスを促すような警告を発するようにしても良い。この場合、主制御装置50は、警告を発した後、メンテナンスが終了するまでの間待機し、メンテナンス終了後、移動鏡MX、MYの反射面の表面形状が修復された状態で、露光動作を再開する。

30

【0138】

さらに、上記各実施形態では、反射面の表面形状に応じて干渉計の計測値を補正するものとしたが、本発明がこれに限られるものではない。例えば、ウエハステージを移動すべき目標位置を反射面の表面形状に応じて補正するなどして、ウエハステージの移動を補正制御することとしても良い。この場合、移動鏡反射面の表面形状が真の平面でないことによる影響を受けることなく、干渉計XI、YIの測長軸で規定されるXY座標系と、実際のウエハステージの移動を規定する座標系とが略一致するようなウエハステージの移動制御が行なわれればよい。

【0139】

なお、上記各実施形態では、光波干渉計を用いて反射面の局所的な回転量を算出することとしたが、これに限らず、他の計測装置、すなわち例えばオートコリメータ方式を利用して、平行光束を移動鏡の反射面に投射し、その反射光束の反射方向の変化を光電検出する構成の計測装置を採用することとしても良い。

40

【0140】

また、ウエハステージWST（移動体）の回転量についても、上記各実施形態のように、光波干渉計を用いて計測することとしても良いし、上記と同様にオートコリメータ方式を利用した計測装置など種々の構成の計測装置を採用することとしても良い。

【0141】

なお、上記各実施形態では、ウエハステージWST上に移動鏡が設けられた場合について、説明したが、本発明がこれに限られるものではなく、移動鏡の反射面に代えて、ウエハ

50

ステージの端面を鏡面加工して、反射面を形成しても良い。この場合であっても、反射面の表面形状を完全に平坦に加工するのが難しい場合には、上記各実施形態で説明した反射面の表面形状の計測方法を採用することが精度及びスループット等の面から好ましい。

【 0 1 4 2 】

また、上記各実施形態では、ウエハステージ W S T の移動鏡の反射面の表面形状の計測に本発明の計測方法を採用した場合について説明したが、レチクルステージの計測に、ウエハステージ W S T 側と同様の計測装置を用いる場合には、レチクルステージの移動鏡の反射面の計測に本発明の計測方法を採用することが可能である。

【 0 1 4 3 】

なお、上記各実施形態では、ウエハステージ W S T の移動鏡の反射面の表面形状の計測において、往路データと復路データを用いた表面形状の計測方法を、( i ) 等速移動中の測定データのみを用いる、( i i ) 反射面の一部のデータを測定する工程を、その計測区間の少なくとも一部を異ならせて繰り返し行うという2つの発明それぞれと組み合わせた計測方法について説明したが、本発明がこれに限られるものではなく、往路データと復路データを用いた表面形状の計測方法を単独で行う方法（すなわち、所定軸方向にステップ移動しつつ計測した往路データ、及びこれに対応する復路データを平均化する計測方法）を採用することとしても良い。

【 0 1 4 4 】

なお、上記各実施形態では、ウエハステージ W S T を X 軸方向、Y 軸方向の両方向に沿って移動している間に、測定することとしたが、X Y 2 次元面内を直線的に移動している間であれば、いずれの方向に移動している間であっても、測定することは可能である。

【 0 1 4 5 】

なお、上記各実施形態では、ウエハステージを1つのみ有するシングルステージタイプの露光装置に限らず、ウエハステージを2つ有するツインステージタイプの露光装置、更にはウエハステージを多数有するマルチステージタイプの露光装置に本発明の計測方法及び露光方法を適用することとしても良い。

【 0 1 4 6 】

また、上記各実施形態では、ウエハステージが互いに直交する2つの反射面を備えているものとしたが、これに限らず、反射面を1つ又は3つ以上備えることとしても良い。例えば、ウエハステージに3つの反射面をコの字（Uの字）状に設けても良いし、あるいは所定方向に延設される反射面が複数に分割されていても良い。

【 0 1 4 7 】

なお、上記各実施形態では、光源として、K r F エキシマレーザ光源（出力波長 2 4 8 n m）などの紫外光源、F<sub>2</sub>レーザ、A r F エキシマレーザ等の真空紫外域のパルスレーザ光源、あるいは水銀ランプなどを用いるものとしたが、これに限らず、A r<sub>2</sub>レーザ光源（出力波長 1 2 6 n m）などの他の真空紫外光源を用いても良い。また、例えば、真空紫外光として上記各光源から出力されるレーザ光に限らず、D F B 半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム（E r）（又はエルビウムとイッテルビウム（Y b）の両方）がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。さらに、照明光 I L として紫外光などだけでなく、X 線（E U V 光を含む）又は電子線やイオンビームなどの荷電粒子線などを用いても良い。

【 0 1 4 8 】

なお、上記各実施形態では、投影光学系に対する負担をあまり重くすることなく、より大面積のパターンを高精度にウエハ上に転写可能であるという走査露光方式の利点に着目し、ステップ・アンド・スキャン方式等の走査型露光装置に本発明が適用された場合について説明したが、本発明の適用範囲がこれに限定されないことは勿論である。すなわちステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置にも本発明は好適に適用でき、同様に、デフォーカスのない高精度な露光が可能となる。

【 0 1 4 9 】

なお、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光装置本体に組み込み、光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより、上記各実施形態の露光装置を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

#### 【 0 1 5 0 】

なお、上記各実施形態では、本発明の計測方法が半導体製造用の露光装置で実行された場合について説明したが、これに限らず、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子、有機EL、マイクロマシン、DNAチップなどを製造するための露光装置などにも本発明は広く適用できる。 10

#### 【 0 1 5 1 】

また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV（遠紫外）光やVUV（真空紫外）光などを用いる露光装置では一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドーパされた石英ガラス、螢石、フッ化マグネシウム、又は水晶などが用いられる。

#### 【 0 1 5 2 】

なお、例えば国際公開WO99/49504号などに開示される、投影光学系PLとウエハとの間に液体が満たされる液浸露光装置に本発明を適用しても良い。 20

#### 【 0 1 5 3 】

さらに、プロキシミティ方式の露光装置やミラープロジェクション・アライナーなどにも本発明を適用しても良く、要はその構成に関係なく感光物体を保持する移動体を備えていれば、いかなる露光装置についても本発明を適用することができる。

#### 【 0 1 5 4 】

さらに、上記各実施形態では、本発明の計測方法が露光装置にて実行される場合について説明したが、露光装置以外の検査装置、加工装置などの装置であっても、本発明の計測方法は、好適に適用できるものである。

#### 【 0 1 5 5 】

半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、前述した実施形態の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに転写するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。従って、その半導体デバイスを生産性良く製造することが可能となる。 30

#### 【 0 1 5 6 】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、請求項1～4に記載の各計測方法によると、移動体に設けられた反射面の表面形状の計測能力を向上させることができるという効果がある。

#### 【 0 1 5 7 】

また、請求項5～8に記載の各計測方法によると、移動体の他の動作のスループットを低下させることなく、移動体に設けられた反射面の表面形状の計測を実行することができるという効果がある。 40

#### 【 0 1 5 8 】

また、請求項9～15に記載の各露光方法によると、最終製品であるデバイスの生産性を向上させることができるという効果がある。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す斜視図である。

【図2】図2（A）は、干渉計XIの構成を具体的に示す図であり、図2（B）は、干渉計XθIの構成を具体的に示す図である。 50

【図 3】ロット先頭のウエハ交換に際して、移動鏡の反射面の表面形状を計測する方法を説明するための図（その 1）である。

【図 4】図 4（A）、図 4（B）は、ロット先頭のウエハ交換に際して、移動鏡の反射面の表面形状を計測する方法を説明するための図（その 2）である。

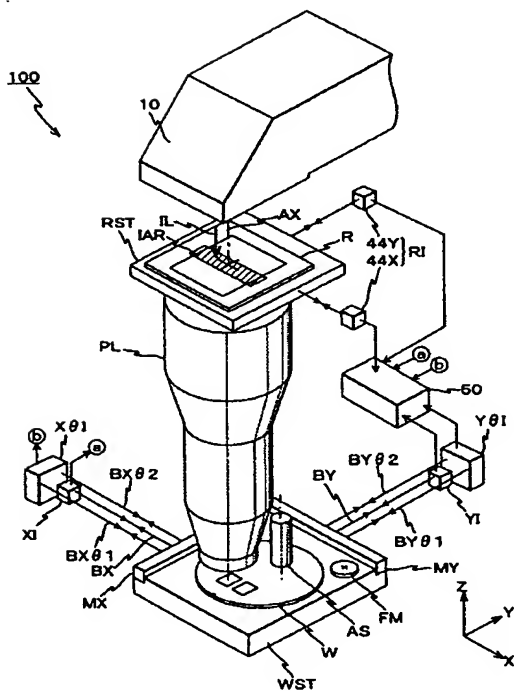
【図 5】移動鏡 M Y の反射面の表面形状を計測する方法を説明するための図である。

【図 6】第 2 の実施形態にかかる、ウエハステージに設けられた移動鏡の反射面の表面形状を計測する方法を説明するための図である。

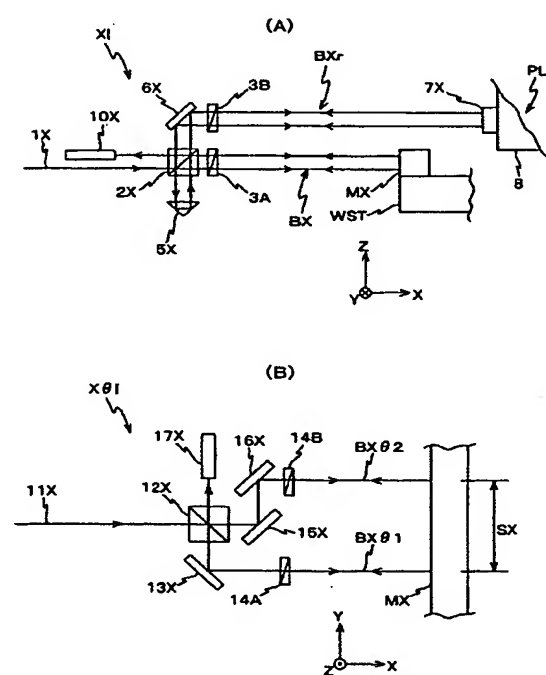
【符号の説明】

W…ウエハ（感光物体）、W S T…ウエハステージ（移動体）、X I、X  $\theta$  I、Y I、Y  $\theta$  I…干渉計（位置計測装置、光波干渉計）。

【図 1】



【図 2】





フロントページの続き

(72)発明者 田中 正司

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA20 AA31 AA51 BB05 BB25 CC17 CC21 DD06 FF52  
GG05 HH04 HH14 JJ01 JJ05 JJ15 LL12 LL17 LL33 LL34  
LL36 LL37 MM03 PP12 QQ14 QQ23 QQ25 QQ42  
5F046 BA04 CC01 CC16 DB05

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**